

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Vliv technologie výroby na užité vlastnosti dokončovací  
VBD**

**Production Technology Influence to Finishing Insert  
Manufacture Qualities**

Student:

Bc. Ondřej Štopl


Vedoucí diplomové práce :

Doc. Ing. Vladimír Vrba, Csc.

Ostrava 2009

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě.....



.....

Bc. Ondřej Štopl

Adresa trvalého pobytu studenta

Reissova 19

787 01 Šumperk

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠTOPL, O. Vliv technologie výroby na užité vlastnosti dokončovací VBD. Ostrava: Katedra obrábění a montáže 346, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009.

Diplomová práce, vedoucí Vrba, V.

Diplomová práce se zabývá problematikou vývojem a výrobou vyměnitelné břitové destičky typu **DNMG 150604E-FF** technologií přímého lisování a technologií obvodového broušení pro operace dokončování.

Cílem je provést měření geometrie destičky, trvanlivosti, řezných sil, přesnost uložení v držáku a provedení diagramu třísek. Z naměřených parametrů navrhnout vhodnější technologii výroby vyměnitelné břitové destičky pro zadanou aplikační oblast s ohledem na technicko-ekonomické zhodnocení.

## ANNOTATION OF DIPLOMA WORK

ŠTOPL, O. Production technology influence to finishing insert manufacture qualities.

Ostrava: Department of cutting and montage 346, Faculty of mechanical VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, diploma work, Director : Vrba, V.

Diploma work deals with problems of development and production insert type of **DNMG 150604E-FF** with use technology direct pressing and technology periphery grinding for finishing operations.

The target is realize measurement of geometry insert, cutting life, cutting force, accuracy of placing in holder and to create diagram of chips. From measured parameters make a proposal of preferable technology of production inserts for set application area with reference to technical-economic estimation.

## OBSAH:

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....	6
<b>1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU.....</b>	<b>7</b>
1.1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY PRAMET TOOLS S. R. O. ....	8
<b>2. VYMĚNITELNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY (VBD) .....</b>	<b>10</b>
2.1 SLINUTÝ KARBID A VÝROBA VBD .....	11
2.2 LISOVÁNÍ .....	12
2.3 TABLETOVÁNÍ.....	12
2.4 TAŽENÍ.....	12
2.5 PŘEDSLINOVÁNÍ.....	13
2.6 SLINOVÁNÍ.....	13
2.7 IZOSTATICKÉ DOHUTŇOVÁNÍ .....	14
2.8 OTRYSKÁVÁNÍ.....	14
2.9 BROUŠENÍ.....	14
2.10 LEŠTĚNÍ .....	15
2.11 POVLAKOVÁNÍ.....	15
2.12 BALENÍ.....	16
2.13 SKLADOVÁNÍ A EXPEDICE .....	16
2.14 PŘEHLED VYBRANÝCH MATERIÁLŮ SK V PRAMET TOOLS S.R.O.....	16
2.15 ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI OBRÁBĚNÍ .....	18
2.16 ZPŮSOBY OPOTŘEBENÍ BŘITU VBD.....	18
2.17 TYPY NEŽÁDOUCÍCH OPOTŘEBENÍ BŘITU VBD .....	19
2.18 VOLBA UTVAŘEČE .....	20
<b>3. NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....</b>	<b>22</b>
3.1 METODIKA PRO KONTROLU VYSTŘEDĚNÍ OTVORU A MĚŘENÍ GEOMETRIE .....	25
3.2 METODIKA PROVEDENÍ ŘEZNÉ ZKOUŠKY – SOUSTRUŽENÍ.....	26
3.3 METODIKA MĚŘENÍ ŘEZNÝCH SIL.....	29
3.4 METODIKA MĚŘENÍ SOUOSOSTI VBD V UPÍNACÍM DRŽÁKU.....	31
3.5 POROVNÁNÍ TVORBY TRÍSKY .....	32
<b>4. DISKUSE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....</b>	<b>34</b>
4.1 POROVNÁNÍ GEOMETRIE DESTIČEK .....	34
4.2 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ŘEZNÉ ZKOUŠKY.....	35
4.3 MĚŘENÍ ŘEZNÝCH SIL .....	37
4.4 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ SOUOSOSTI VBD V UPÍNACÍM DRŽÁKU .....	38
4.5 VYHODNOCENÍ DIAGRAMU TRÍSEK.....	39
<b>5. TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>40</b>
5.1 GEOMETRIE VBD.....	40
5.2 ŘEZNÁ ZKOUŠKA.....	41
5.3 POROVNÁNÍ ŘEZNÝCH SIL .....	42
5.4 POROVNÁNÍ TVORBY TRÍSKY .....	44
5.5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	44
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>47</b>
<b>PŘÍLOHY:.....</b>	<b>48</b>

### Seznam použitého značení

Symbol	Jednotka	Význam
A	mm <sup>2</sup>	průřez třísky
$a_e$	mm	hloubka řezu - radiální
$a_p$	mm	hloubka řezu - axiální
$f_{ot}$	mm.ot <sup>-1</sup>	posuv na otáčku
h	mm	tloušťka třísky
$v_c$	m.min <sup>-1</sup>	řezná rychlost
Q	cm <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup>	objem obrobeného materiálu
T	min	trvanlivost

# 1. Obecná charakteristika daného problému

Strojírenská technologie, oblast obrábění, je velmi rychle se rozvíjejícím průmyslovým odvětvím a to jak v oblasti obráběcích strojů, tak zejména v oblasti řezných nástrojů. Trendy vývoje směřují ke zdokonalení efektivnosti obrábění, snížení výrobních časů, zlepšení jakosti a ekonomiky celého procesu. Požadavky na výrobu součástí neustále rostou. Neustále jsou nově vyvíjeny a stále zdokonalovány cenově výhodné a flexibilní výrobky. Proto musí s vývojem výrobku jít ruku v ruce i vývoj nástrojů. Vedle tělesa nástroje, způsobu upnutí a řezné geometrie je důležitým faktorem v konstrukci nástroje také nástrojový materiál, který stojí často na prvním místě, pokud se jedná o růst výkonnosti nástroje. Současný široký sortiment řezných materiálů pro řezné nástroje je důsledkem dlouholetého výzkumu a vývoje. Možnosti použít pro obrábění materiály od nástrojových až po umělý diamant, zaručeně splňují náročné požadavky na dokonalé obrobení jakéhokoliv materiálu. Trend výzkumu a vývoje se ubírá cestou zdokonalování již známých řezných materiálů, především jejich optimalizace s přesným určením oblasti použití. Povlakované slinuté karbidy patří k nejpoužívanějším řezným materiálům. Jejich výhodou je široká oblast použití za vysokých řezných i posunových rychlostí, při vysokém úběru obráběného materiálu a přerušovaném řezání. Jejich vývoj je zaměřen na snižování velikosti zrn tvrdých strukturních složek, výrobu gradientních struktur a povlaků, vytváření nových povlakovacích materiálů. V povlakování zaznamenaly velký pokrok technologie vytváření multivrstvých povlaků, kde se na sebe nanáší až desítky nanovrstev povlaků s různými vlastnostmi. Velký důraz při obrábění je kladen na geometrii nástroje.

Diplomová práce se zabývá problematikou vývoje a výroby vyměnitelné břitové destičky (dále jen VBD) typu **DNMG 150604E-FF** technologií přímého lisování a technologií obvodového broušení pro operace dokončování.

Cílem je provést měření geometrie destičky, trvanlivosti, řezných sil, přesnosti uložení v držáku a provedení diagramu třísek. Z naměřených parametrů navrhnout vhodnější technologii výroby vyměnitelné břitové destičky pro zadanou aplikační oblast s ohledem na technicko-ekonomické zhodnocení.

## 1.1 Představení firmy Pramet Tools s. r. o.

Počátky výroby sahají do r. 1933, kdy firma Ing. Stellwag a spol. zahájila výrobu nástrojů ze slinutého karbidu (slinutý karbid vzniká mícháním směsí kovových i nekovových prášků, které jsou spolu míchány, lisovány a spékány, čímž dochází k procesu slinutí). V roce 1945 byla firma převedena na základě dekretu prezidenta republiky E. Beneše pod národní správu. Rok 1949 představuje pro firmu začlenění jako závodu do Spojených oceláren Kladno a získává značku POLDI DIADUR. V roce 1951 byl závod vyčleněn ze Spojených oceláren Kladno a založen samostatný podnik Závod Šumperk zřizovací listinou Ministerstva hutí a rudných dolů. Ve stejném roce byl v Šumperku vyroben první slinutý karbid. V průběhu několika let se podnik rozrostl o výrobu magnetických měkkých feritů a termistorů (1956), magnetických tvrdých feritů (1957), spěkaných třecích materiálů a kontaktů (1958), syntetického diamantu a diamantových brusných kotoučů (1967), polykrystalických diamantových průvleků (1982) a VBD z polykrystalického kubického nitridu boru (1983). V roce 1961 byl z Vestce u Prahy přesunut do Šumperka výzkumný ústav práškové metalurgie. 1. dubna 1966 byl podnik přejmenován na Pramet n.p. - závody práškové metalurgie. Den 17. 9. 1966 se zapsal do historie Prametu, protože vývojovým pracovníkům se podařilo po dlouhodobé přípravě a výzkumu vyrobit první umělý diamant v republice pomocí syntézy z grafitu, čímž se podnik zařadil k 6 světovým výrobcům umělého diamantu. Rok 1990 znamenal změnu struktury firmy a její rozdělení do 8 nezávislých divizí. Privatizací v roce 1992 vznikla akciová společnost Pramet a.s. O 3 roky později byla vytvořena obchodní pobočka ve Slovenské republice a v roce 1996 v Německu. Ve stejném roce byl Pramet začleněn do hutního koncernu Kovohutě Břidličná a proběhl certifikační audit systému řízení jakosti ISO 9001 pro divizi Slinuté karbidy certifikační společností Lloyd's Register Quality Assurance. V roce 1997 proběhla certifikace dalších divizí v souladu s normami ISO 9001 a byl potvrzen certifikát jakosti pro divizi Slinuté karbidy podle stejné normy akreditovanou mezinárodní organizací L.R.Q.A.

1. září 1999 švédská společnost Pramet Scandinavia zakoupila všechna aktiva akciové společnosti Pramet spojené s vývojem, výrobou a prodejem nástrojů ze slinutého karbidu a založila Pramet Tools s.r.o. Kromě dvou výrobních divizí získal nový majitel výzkumný ústav, obchodní značku včetně loga, patenty a dvě obchodní dceřiné firmy na Slovensku a v Německu. Pramet Tools s.r.o. se tak stala součástí švédské skupiny SECO TOOLS AB, čtvrtého největšího výrobce obráběcích nástrojů na světovém trhu. SECO dodává veškerý práškový karbid do Pramet Tools s.r.o. a stará se i o vratný materiál a jeho následné



zpracování. Vstupem firmy Seco došlo ke změnám jak v oblasti vedení, tak i v oblasti výroby. Bylo založeno oddělení logistiky, všechny administrativní i výrobní procesy jsou sledovatelné přes počítač. Došlo k propojení všech poboček přes počítačovou síť. Zákazník si může na nových internetových stránkách zjistit skladové množství potřebného sortimentu s denní aktualizací. S novým systémem se snížily i dodací lhůty skladových výrobků, což po celé České republice činí od objednání po dodání 24 hodin, v zemích s pobočkami je dodací lhůta do 48 hodin. V provozu je každé fázi výrobku přiřazen čárový kód a je možné sledovat, v jaké fázi výroby se daný výrobek nachází, tím je možné stanovit jeho dokončení, s čímž souvisí datum dodání.

Rok 2000 je označován za rok prodejní expanze. Otevírá se nová dceřiná společnost v Polsku. V roce 2002 následuje otevření pobočky v Itálii. V roce 2004 získává firma certifikát environmentálního systému ISO 14001 společností L.R.Q.A. Rok 2005 byl významný v dosažení certifikace integrovaného systému jakosti ISO 9001 : 2000 a ISO 14001 : 2004 (jakost, environment) společností L.R.Q.A. [9.]

### **Výrobní sortiment Pramet Tools s.r.o.**

#### **Nástroje pro třískové obrábění:**

Vyměnitelné břitové destičky pro soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání a speciální operace.

Soustružnické nástroje, frézovací nástroje a vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami.

#### **Lisovací nástroje:**

Výroba lisovacích nástrojů ze slinutého karbidu. Jen pro interní potřebu výroby VBD.

#### **Nářadí pro tažirenský průmysl:**

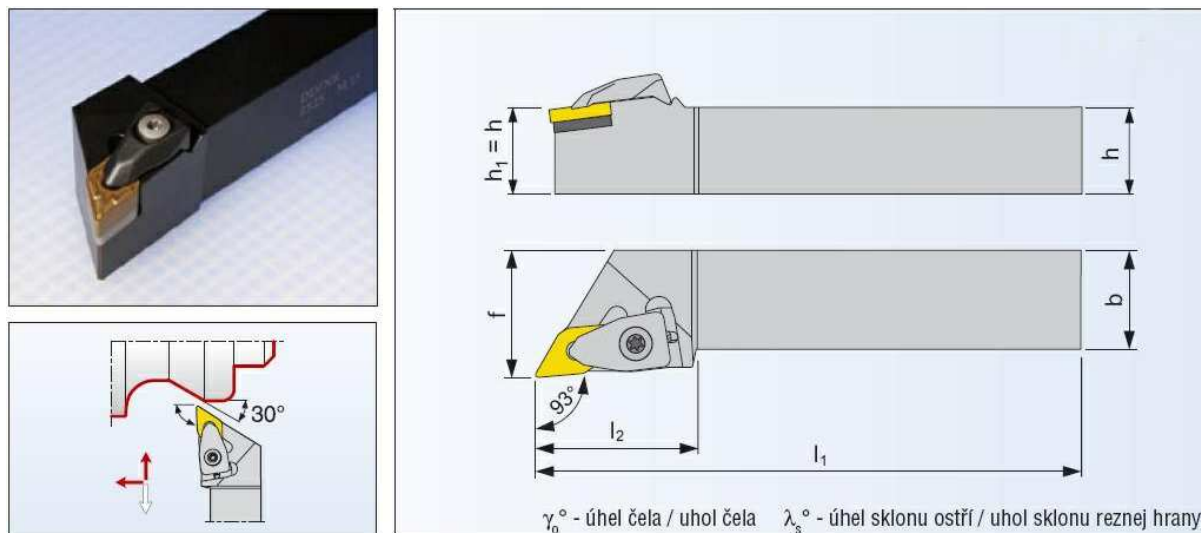
Nářadí pro válcování drátů a trubek za studena, průvlaky, matrice, tažné kroužky, trny, rolny, těsnící kroužky a pouzdra pro čerpací techniku, speciální polotovary, součásti a konstrukční díly s vysokou otěruvzdorností.

V současné době jsou výrobní kapacity nastaveny na výrobu 400 tis. ks VBD týdně, ale vlivem hospodářské a finanční krize tato hodnota nyní není naplňována. [9]

## 2. Vyměnitelné břitové destičky (VBD)

VBD ze slinutého karbidu využívá vysoké odolnosti proti opotřebení, a proto umožňuje obrábět kalenou ocel, bílou litinu, sklo, a další tvrdé materiály. Při nasazení VBD je možno použít 5 až 8 násobek řezné rychlosti v porovnání s řeznými rychlostmi pro rychlořezné oceli. Nevýhodou slinutých karbidů je velká křehkost a malá ohybová pevnost. V současné době se VBD s úspěchem nasazuje na všechny typy obrábění - soustružení, frézování, vrtání. Výhodou oproti pájeným destičkám na držáku je snadná výměna činné části, nemusíme tedy měnit celý nůž a v častých případech se tato výměna realizuje za chodu stroje. Tento způsob nám šetří seřizovací časy, při kterých bychom museli znovu vyrovnávat nůž do pracovní polohy. Při výrobě VBD se vychází ze základních geometrických útvarů a jejich hran, proto se vyrábějí destičky tvaru čtverce, obdélníku, kosočtverce, mnohoúhelníku a kruhu. Podle tvaru hřbetu pak dělíme VBD na pozitivní a negativní. Dle způsobu provedení dělíme VBD s utvařečem třísky nebo bez utvařeče, s otvorem pro upnutí destičky k držáku atd. viz příloha značení VBD. Nejčastější způsob výroby VBD je přímým lisováním (tabletováním).

Obrázek 1 - způsob použití VBD - soustružení



VBD se dělí na tři základní skupiny dle použití:

**Skupina P:** Tato skupina se používá pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou třísku. Tedy především pro uhlíkové, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Přísada TiC

zaručuje vysokou odolnost proti difuzi za vysokých teplot, která je jednou z hlavních příčin vzniků výmolů na čele nástroje. Tato skupina je označována modrou barvou.

**Skupina M:** Tato skupina se používá pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou i krátkou třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny. Vzhledem k vysoké houževnatosti je tato skupina často nasazována na těžké hrubovací a přerušované řezy. Tato skupina je označována žlutou barvou.

**Skupina K:** Tato skupina se používá pro obrábění materiálů, které dávají krátkou, drobivou třísku. Zejména pro litiny, neželezné slitiny, nekovové materiály. Tato skupina je označována červenou barvou.

## 2.1 Slinutý karbid a výroba VBD

Jeho výroba začíná od dvacátých let 20. století, přesněji kolem roku 1926, kdy ho začala vyrábět německá firma Krupp jako řezný materiál. V té době předstihl dosavadní rychlořezné oceli v takové míře, že byl srovnáván s diamantem. První karbidy byly pouze dvousložkové Wc-Co, v třicátých letech se začaly přidávat i další karbidy, čímž se dosáhlo zvýšení žáruvzdornosti, tvrdosti a houževnatosti. Slinutý karbid (dále jen SK) je vícesložková soustava netvořící homogenní roztok, a proto jsou hraniční zrna karbidových fází v mezerách vyplněna a propojena kovovou pojící fází, která je příbuzná železu a niklu, kobaltem. Kobalt tvoří 3% -25% celkové hmotnosti výrobku. Karbidy jsou sloučeniny kovu s uhlíkem. Pojící kov dává SK ochranu proti chemickým vlivům a drží je pohromadě. Základním karbidem klasického SK materiálu je karbid wolframu, který se používá v 90% nástrojů. Prvním vylepšeným karbidem byl karbid titanu TiC. Pro své vlastnosti: tvrdost, odolnost proti otěru, křehkost byl určen pro řezné účely. Dalšími významnými karbidy je karbid tantalu TaC a karbid niobu NbC. TaC se téměř výhradně používá v řezných materiálech. Pro zjemňující vliv na karbidickou fázi se používají, dva další karbidy, karbid molybdenu Mo<sub>2</sub>C a karbid chromu Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, množství přidání těchto karbidů je v desetínách procent. Při slinování se používá vodík, ale je možné ho nahradit dusíkem, který ovšem napadá titanový materiál, jenž vyplní krystalickou mřížku místo uhlíku dusíkem. Při předslinování materiálu do 750°C dusík však neškodí. Základní vlastností SK je jejich vysoká tvrdost a to 88 až 93 HRA a velká odolnost proti opotřebení při teplotách 700 – 1000°C.

## 2.2 Lisování

Výlisek musí být v celém tvaru rovnoměrně zhutněn, proto se nejčastěji používá lisování s použitím horního, spodního razníku a matrice, kdy se horní razník pohybuje proti spodnímu. Lisovací tlaky se pohybují v rozmezí 50-150 MPa. Při výrobě VBD se již při lisování formuje utvařecí třísky, který je jako negativ otištěn v raznících. Rozměry výlisku musí být větší než hotový výrobek, protože při operaci slinování dochází ke všesměrovému smrštění, proto se rozměry výlisku zvětšují v rozsahu 18-22%. Lisování prášku do potřebného tvaru se provádí za běžných teplot. Lisy jsou mechanické nebo hydraulické.

## 2.3 Tabletování

Je metoda lisování a je jedním z nejelekonomičtějších způsobů výroby výlisků. Lis je mechanický s objemovým násypem a lis tento násyp provádí sám. Rychlost lisování je 8-20 kusů za minutu. Pro přesné vedení obou razníků (horní a spodní) do matic se používá adaptor. Pro výlisky, jejichž tloušťka je malá ve směru lisování, se používá jednostranné lisování, zde se téměř nepoužívá. Oboustranné lisování je nutné použít u vyšších výlisků, kde je nutné, aby hustota výlisků byla rovnoměrně rozložena, jinak by došlo k deformaci při slinování. Pro tzv. NC destičky se používá SK s plastifikátorem PEG, aby byla zajištěna přesnost a tvarová náročnost výrobku.

Lisování na hydraulických lisech - je rozděleno do dvou skupin:

1. Výlisky, jež se již dále tvarově neupravují – což jsou některé typy průvleků
2. Výlisky, jež jsou zpracovány v řezárně v tzv. měkkém stavu.

Při lisování se používá tlak okolo 800 kg/ cm<sup>2</sup> a oboustranné lisování.

## 2.4 Tažení

Používá se tam, kde je velký poměr délky a průměru a není možné dosáhnout cíle jiným technologickým postupem. Materiál pro tažení obsahuje 8%-10% parafinu a je předem protlačen tryskou o průměru 12 mm, aby se zhomogenizoval a odstranil přebytečný vzduch. U tohoto druhu materiálu je smrštění v rozmezí 33%-35%. Hydrostatické lisování - je určeno pro výrobu výlisků rozdílné hmotnosti a tvarů. Základní lisovací tlak je 220 MPa, maximální

je 320 MPa, velikost lisovací komory může být maximálně:  $\varnothing 450 \times 2700$  mm. Lisovacím médiem je 5% olejová emulze. (Zpracování v měkkém stavu)

## 2.5 Předslinování

Je proces, při němž se z vylisovaných výrobků odstraňuje plastifikátor za teploty  $500^{\circ}\text{C}$ - $950^{\circ}\text{C}$  ve vodíkové atmosféře. Materiál se stane tvrdším, ale zatím nedochází ke smrštění. Pro velké a choulostivé tvary se používá teplota  $720^{\circ}\text{C}$ - $750^{\circ}\text{C}$ . Pro speciální tvary a velké výrobky se používá komorová pec s teplotou  $620^{\circ}\text{C}$ - $950^{\circ}\text{C}$  s délkou cyklu od 16 do 48 hodin. Výlisky z materiálu s PEG se předslinují při teplotě okolo  $700^{\circ}\text{C}$ .

## 2.6 Slinování

Průběžné atmosférické slinování pod vodíkem je závěrečný proces tepelného zhutnění, odstranění porézity z materiálu prolnutím pojící fáze přes fázi karbidickou. Rozhodující jsou dva technologické parametry: teplota a posuv. Teplota je dána chemickým složením materiálu. Posuv je určen hmotností a tvarem výrobku, aby došlo k správnému prohřátí do slinovacího stavu. Slinovací pec PS 24 je určena pro malé výrobky do  $\varnothing 130$  mm při slinovací teplotě  $1200^{\circ}\text{C}$ - $1540^{\circ}\text{C}$ . Slinovací pec PS 46 vyznačuje se podstatně vyšší kapacitou a je určena pro slinování ve vodíkové atmosféře nejčastěji při  $1300^{\circ}\text{C}$ - $1500^{\circ}\text{C}$ . Stejně tak jako u PS 24 je vytápění elektrodporové pomocí molybdenových spirál. Průtok vodíku je okolo 2000 litrů za hodinu. Univerzální pec PS 53 je určena jak pro karbidizaci wolframu tak i pro slinování. Od pece PS 46 se liší zvýšenou kapacitou o 25% až 50% a vyšším průtokem vodíku až 3500 litrů za hodinu. Vakuové slinování - jde o slinování bez atmosféry, pece jsou vsázkové. Pec CGA 150 duo pec se dvěma komorami s velikostí komory  $400 \times 400 \times 1200$  mm a možností vsázky až 120 kilogramů. Topení je odporové grafitové, pracující v rozsahu  $1400^{\circ}\text{C}$ - $1520^{\circ}\text{C}$  při vakuu 0,5-1,5 milibarů s délkou cyklu pro klasický materiál 8,5 hodiny. Teplota je měřena termočlánky. Pro vakuové slinování je nutný přebytek volného uhlíku v rozsahu 0,1%-0,3%, aby nedošlo k oduhličení. Pec CGA 250,500 je podobná jako pec CGA 150 s větším množstvím vsázky od 150 do 200 kg, tlak je do 2 milibarů a slinovací cyklus je 8 - 15 hodin podle slinovací křivky jednotlivých materiálů. [1]

**Obrázek 2 - slinovací pec Pramet Tools**



## **2.7 Izostatické dohutňování**

Se provádí na izostatickém lisu v atmosféře argonu při tlaku 100 MPa, při teplotě okolo 1380°C po dobu 30 minut. Velikost vsázky je až 300 kilogramů. Dohutňují se výrobky kde je vyžadován bezporézní povrch po opracování jako např.: pro průvlaky, matrice, trny. Póry jsou, po uvedení pojící fáze do kapalného stavu, vytěsňovány.

## **2.8 Otryskávání**

Je operací po slinutí k odstranění drobných nečistot, jež by se mohly přichytit z podložky na výrobek.

## **2.9 Broušení**

Broušení VBD prochází přes speciální jednoúčelové stroje ve větší míře vybavené automatickým odebíráním. Brousí se pomocí diamantových kotoučů. Ve většině případů se brousí obvody VBD a čela. Po operaci broušení se dále provádí zaoblení řezné hrany.

## 2.10 Leštění

Provádí se na výrobcích, kde je požadována malá drsnost povrchu a na destičkách. Leštění se provádí strojně na rotačním stroji nebo ručně pro nerotační tvary, zpravidla pro interní potřebu, především na raznicích.

## 2.11 Povlakování

Zařízení v Pramet Tools je určeno k povlakování metodou CVD (Chemical Vapour Deposition) a MTCVD (Middle Temperature Chemical Vapour Deposition). Zařízení umožňuje nanášet otěruvzdorné povlaky sloučenin karbidu titanu TiC, nitridu titanu TiN, karbonitu titanu TiCN a oxidu hlinitého  $\text{Al}_2\text{O}_3$  z plynné fáze. Povlaky je možno nanášet jak jednotlivě, tak i ve vícevrstvé kombinaci tzv. multipovlaky. Od roku 1999 došlo k zavedení MT-TiCN technologie, která oproti konvenční metodě CVD (1000-1040°C) používá podstatně nižší teplotu (700-850°C). Touto metodou lze nanášet pouze TiCN vrstvy. U konvenční technologie CVD je zdrojem uhlíku a dusíku plynný metan  $\text{CH}_4$  a plynný dusík  $\text{N}_2$ , u MT CVD je zdrojem acetonitril  $\text{CH}_3\text{CN}$ , též metylianid. Jako zdroj titanu se pro obě metody používá chlorid titaničitý  $\text{TiCl}_4$ . Při teplotě pod 600°C dochází k polymeraci reaktantů, což vede k tvorbě pevných nestabilních meziproduktů a komplexů, čímž dojde k praktické nepoužitelnosti povlaku. Rychlost růstu povlaků při MT CVD TiCN je třikrát větší než u vysokoteplotní TiCN. Mikrotvrdost MT-TiCN vrstvy může kolísat od 1600 do 3000 HV (Harmes Vikrs) v závislosti na podmínkách nanášení povlaků (tlak, teplota, koncentrace jednotlivých chemických látek). Adheze (přilnavost) MT-TiCN vykazuje stejnou hodnotu zátěžné síly při scrasch testu jako HT-TiCN. Přilnavost je řízená difúzí tj. zvyšováním teploty se zvyšuje adheze. MT-TiCN má lepší řezný výkon pro frézování než HT. Pro soustružení je tlustý MT-TiCN povlak používán jak pro plynulé i přerušované soustružení, s krátkou i dlouhou třískou. Výhodou povlaku MT-TiCN je výrazná redukce otěru hřbetu při středních řezných rychlostech a zvýšená odolnost proti křehkému lomu. Pro vysokorychlostní soustružení nerezových ocelí je vhodná kombinace MT-TiCN povlaku a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  na TiN povrchu. MT-TiCN povlak výrazně snižuje tření a je lepší než CVD povlaky.

[1]

## **2.12 Balení**

Standardní velikost destiček se balí zpravidla po deseti kusech do plastových obalů. Průvlaky, kroužky jsou baleny podle velikosti. Etikety výrobků obsahují základní údaje jako je TYP, JKV, SK materiál, ISO číslo, číslo tavby, počet kusů v balení.

## **2.13 Skladování a expedice**

Zabalené výrobky jsou expedovány do skladu na místo k tomu určené. Některé výrobky se okamžitě expedují a jsou zabaleny do obalu na přepravu podle způsobu přepravy nebo podle požadavků zákazníka. Podnik omezuje co nejvíce skladové zásoby, které váží finanční prostředky. Sklad je napojen na informační systém a informace jsou přístupné zákazníkům přes internet. Zákazník vidí, je-li podnik schopen uspokojit jeho potřeby u skladových zásob okamžitě. Stav zásob na internetu je aktualizován každých 24 hodin. Dodací lhůty u hotových výrobků jsou 24 hodin v České republice a sousedících zemích, do 48 hodin po celém světě s výjimkou zemí se špatným dopravním spojením. [8]

## **2.14 Přehled vybraných materiálů SK v Pramet Tools s.r.o.**

### **Povlakované materiály**

*Materiál 6620* je vhodný pro dokončovací až polohrubovací soustružení litiny, uhlíkových i legovaných ocelí. Lze ho také za určitých podmínek použít pro jemné a dokončovací soustružení kalených ocelí a tvrzených litin.

*Materiál 6630* je univerzální pro soustružení ocelí se širokou aplikační oblastí. Vhodné také pro obrábění litiny i korozivzdorných ocelí. Spojuje dobrou otěruvzdornost s vysokou houževnatostí.

*Materiál 6640* - použití pro operace se silným mechanickým namáháním břitů. Přerušovaný řez, hrubá kůra výkovků a odlitků. Soustružení korozivzdorných ocelí. Upichování, zapichování a kopírovací soustružení běžných i korozivzdorných ocelí.

*Materiál 5026* – tento materiál je určen zejména pro frézování uhlíkových i slitinových ocelí a litin středními a vyššími řeznými rychlostmi a středními posuvy.



*Materiál 8016* – pro jemné a polohrubovací soustružení běžných, korozivzdorných i zušlechtěných ocelí. Dále pak pro obrábění žárupevných a žáruvzdorných ocelí. Lze ho také použít pro soustružení litin a slitin na bázi Al a Cu. V oblasti frézování se tento materiál používá pro obrábění běžných, žárupevných, žáruvzdorných ocelí a také litin nižšími a středními posuvy.

*Materiál 8026*, tento materiál má dominantní postavení při frézování korozivzdorných ocelí, ale lze ho použít i při obrábění běžných uhlíkových i slitinových ocelí a ocelolitin. Lze ho použít pro obrábění litin a dle typu VBD i frézování hliníku a mědi. Je vhodný také pro běžné i kopírovací frézování.

*Materiál 8030* – tento materiál nachází velmi širokou oblast použití, zejména díky své vysoké provozní spolehlivosti. Je určen pro VBD sloužící k závitování, upichování, zapichování a kopírovacímu soustružení. Používá se při obrábění běžných i korozivzdorných ocelí a dále pak pro jemné a dokončovací soustružení korozivzdorných a vysoce legovaných ocelí a superslitin. Jednou z jeho hlavních aplikačních oblastí je vedle závitování i vrtání, kde se používá jak pro vnitřní tak i obvodové VBD.

*Materiál 8040* – jedná se o nejhouževnatější materiál, který je určen pro extrémně přerušované řezy a špatné záběrové podmínky. Ve frézování ho lze doporučit jako prvou volbu pro nástroje určené k obrábění uhlíkových a slitinových ocelí. Své použití dále nachází i při soustružení i frézování litin a hlavně pak těžkoobrobitelných slitin na bázi Ni, Co a Fe. [8]

## **Nepovlakované materiály**

*HF7* – materiál je vhodný pro soustružení šedé litiny, temperované tvárné litiny, korozivzdorných ocelí, žáruvzdorných a žárupevných ocelí a speciálních slitin.

*H010* – materiál je vhodný pro frézování šedé litiny, temperované litiny, hliníkových slitin, barevných kovů, dřeva a umělých hmot. Obrábění při vyšších a středních rychlostech při lehkém a středním frézování.

*S26* - použití pro frézování načisto, polohrubování oceli a ocelolitiny. Obrábění vyššími a středními rychlostmi při lehkém a středním frézování.

*S45* - materiál je vhodný pro frézování ocelí, korozivzdorných ocelí a ocelolitiny. Obrábění při nízkých řezných rychlostech a při těžkém hrubování. Pro hrubování obrobků s nerovnoměrnou hloubkou řezu a s nečistým povrchem za ztížených podmínek. [9]

## 2.15 Základní pojmy v oblasti obrábění

**Obráběná plocha** je plocha, z níž se odebírá vrstva materiálu, která se mění v třísku.

**Plocha řezu** je plocha, která se vytváří na obrobku hlavním a vedlejším břitem nástroje a tvoří přechod mezi obráběnou a obrobenou plochou.

**Obrobená plocha** je nově vytvořený povrch vzniklý odebíráním materiálu.

**Řezná rychlost** - jedná se o vektorový součet všech rychlostí (pro jednoduchost bereme jako řeznou rychlost rychlost hlavního rotačního nástroje), které u soustružení vykonává obrobek, u frézování nástroj a u vrtání obrobek nebo nástroj.

$$v_c = \frac{\pi * D * n}{1000} (\text{m.min}^{-1})$$

**Drsnost obrobeného povrchu** při soustružení je závislá především na velikosti posuvu  $f$  a na poloměru zaoblení špičky VBD  $r_\epsilon$ .

**Objem odebraného materiálu** je jedním z hlavních kritérií pro hodnocení ekonomiky řezného procesu a lze ho vypočítat ze vztahu (pro frézování):

$$Q = \frac{a_p * a_e * f_{\min}}{1000} (\text{cm}^3.\text{min})$$

$Q$  = objem odebraného materiálu ( $\text{cm}^3.\text{min}^{-1}$ );  $a_p$  = axiální hloubka řezu (mm);  $a_e$  = radiální hloubka řezu (mm);  $f_{\min}$  = minutový posuv ( $\text{mm.min}^{-1}$ );

## 2.16 Způsoby opotřebení břitu VBD

Děje, které vedou ke vzniku opotřebení břitů, můžeme rozdělit do čtyř základních skupin: abraze, adheze, difuze, oxidace. U abraze a adheze se jedná o mechanické opotřebení, u difuze a oxidace o chemické opotřebení. Rozhodujícím činitelem určujícím, který typ dějů v procesu opotřebení převládá, je teplota styku nástroje s obrobkem.

**Abrazivní opotřebení** – mikroskopické, velmi tvrdé součásti odřezávají materiál nástroje.

Tento typ opotřebení závisí na celkové dráze nástroje vzhledem k obrobku, na tvaru, velikosti a četnosti výskytu abrazivních částic a jejich tvrdosti.

**Adhézní opotřebení** – jedná se o otěr účinkem adheze (tvorba mikrosvarů) mezi čistými kovovými povrchy slinutého karbidu a obráběného materiálu, které přicházejí navzájem do styku na hřbetě a čele.

**Oxidační opotřebení** – při vyšších řezných rychlostech reagují některé součásti slinutého karbidu buď se vzduchem z okolní atmosféry nebo s řeznou kapalinou nahrazující vzdušné prostředí a nebo i s obráběným materiálem.

**Difúzní opotřebení** – atomy nástrojového materiálu a materiálu obrobku navzájem difundují a vytvářejí jednak tuhé roztoky a jednak chemické sloučeniny, jejichž vlastnosti jsou odlišné od vlastností výchozího materiálu nástroje.[3]

## 2.17 Typy nežádoucích opotřebení břitů VBD

**Opotřebení hřbetu** – je jedním z hlavních kritérií charakterizujících trvanlivost VBD. Vzniká v důsledku působení mechanismů opotřebení na nástroj. Jeho velikost (intenzitu) lze pouze snížit.

**Výmol na čele** – charakteristické opotřebení, které se nejvýrazněji projevuje u VBD s rovným čelem.

**Oxidační rýha na vedlejším břitu** je jedním z nejvýznamnějších kritérií limitujících životnost VBD. Propojení oxidační rýhy s výmolem na čele se jednoznačně projeví na zvýšení drsnosti povrchu obrobku, dojde k jevu, který se slangově nazývá „chlupacení“.

**Vrubové opotřebení na hlavním břitu** – vzniká v oblasti styku břitu nástroje s povrchem obrobku. Je zapříčiněno převážně zpevněním povrchových vrstev obrobku a otřepy. Tento typ opotřebení se vyskytuje zejména u nerezavějících austenitických ocelí a u operací charakterizovaných kolísáním hloubky řezu.

**Plastická deformace špičky** - důvodem tohoto typu opotřebení je přetížení břitu v důsledku vysokých řezných rychlostí a posuvů.

**Tvorba nárůstku** – jedná se o nalepování obráběného materiálu na břit nástroje. Nárustek má charakter mikronávaru na břitu. Při jeho odtrhávání může dojít k porušení břitu nástroje. Dalším projevem je zhoršení jakosti obráběného povrchu.

**Porušování řezné hrany (mimo záběr)** - jeho příčinou je nevhodné utváření třísky, která při svém odchodu naráží na břit a ten se mechanicky poškozuje.

**Křehké porušování řezné hrany (mikrovyštipování)** – ve většině případů se vyskytuje v kombinaci s jiným typem opotřebení, je samostatně obtížně identifikovatelné.

**Destrukce břitu (špičky nástroje)** – příčiny tohoto jevu mohou být různé a jsou závislé na materiálu nástroje i materiálu obrobku, stavu a zejména tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek, vliv má i velikost a typ opotřebení a záběrové podmínky.

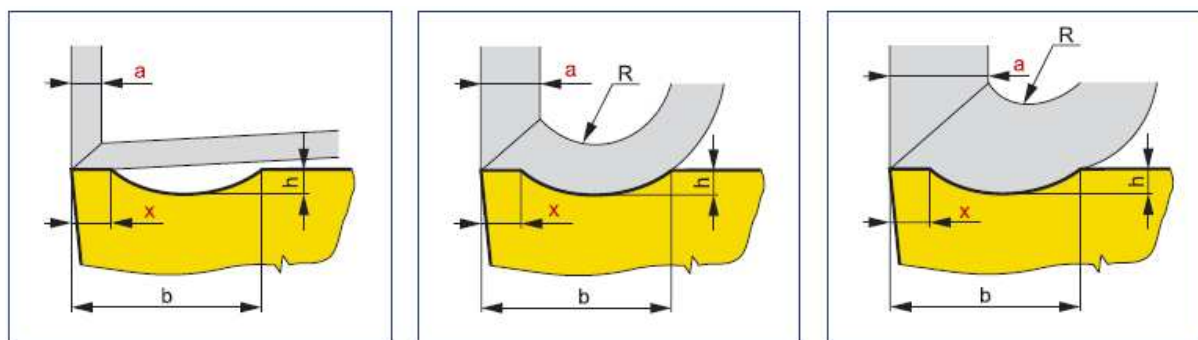
**Hřebenové trhliny** – tento jev je důsledkem dynamického tepelného zatížení při přerušovaném řezu. [10]

## 2.18 Volba utvařeče

Tvar odebírané třísky je závislý na mnoha faktorech. Jsou to vlastnosti obráběného materiálu, jeho pevnost, houževnatost a struktura, vlastnosti řezného materiálu, zejména jeho třecí vlastnosti (na čele), statické a dynamické vlastnosti obráběcího stroje, řezná kapalina, geometrie břitu, řezné podmínky a druh utvařeče třísky, tedy prakticky všechny faktory řezného procesu, které ve své kombinaci rozhodují, zda vznikne krátká dělená transportovatelná tříska nebo plynulá, případně smotaná tříska, která rychle zaplní pracovní prostor stroje a je překážkou prakticky zcela znemožňující práci stroje. Určitý typ utvařeče utváří (láme třísku) pouze v určitém rozmezí posuvu a hloubky řezu. Minimální posuv, při kterém začíná utvařeč fungovat, je závislý především na šířce stabilizační fazetky  $x$  a na jejím úhlu  $\gamma_x$ . Maximální posuv, při kterém končí funkce utvařeče je závislý u žlábkového utvařeče na vzdálenosti výstupní hrany žlábků od ostří  $b$  a na hloubce žlábků  $h$ .

Tloušťka odřezávané vrstvy  $a$  je výrazně menší než šířka fazetky  $x$ , potom dochází ke kontaktu třísky jen na fazetce. Tříska nemůže vniknout do utvařeče a tudíž nemůže být utvářena. Je-li použit vyšší posuv  $f$  (větší tloušťka odebírané vrstvy  $a$ ), kdy  $x < a, (f)$  tříska vniká do utvařeče  $a$  je jím utvářena-zakřivena pod určitým poloměrem  $R$ . Když je  $x \ll a$ , dochází nejprve k příliš tvrdému (nadměrnému) utváření (drcení) a při dalším zvyšování posuvu již tříska mívá utvařeč aniž by byl ovlivněn její tvar (utváření neprobíhá).

Obrázek 3 - volba utvařeče



Na správnou funkci má vliv řadu faktorů:

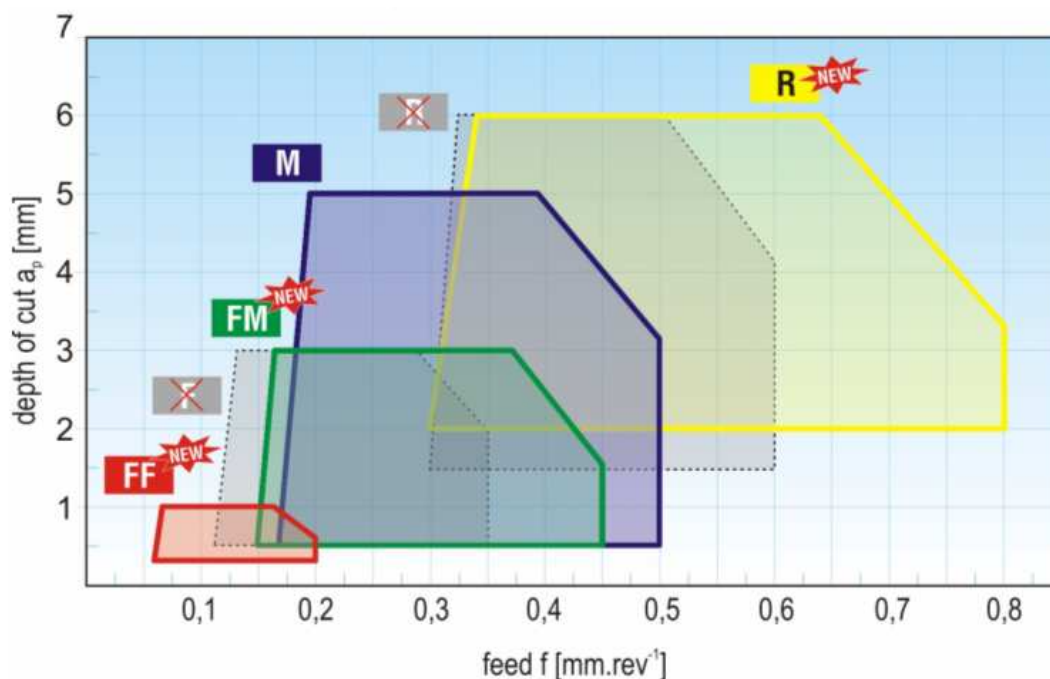
- základní tvar řezné destičky
- velikost hloubky řezu  $a_p$
- velikost posuvu  $f$
- vlastnosti řezného prostředí
- hodnota úhlu nastavení  $\kappa_r$
- hodnota úhlu sklonu ostří  $\lambda_s$
- poloměr zaoblení špičky  $r_\epsilon$
- tvar použitého utvařeče
- mechanické vlastnosti obráběného materiálu
- stabilita technologické soustavy stroj – obrobek – nástroj

### 3. Návrh metodiky experimentálních prací

Při vývoji nového výrobku se vychází z požadavku trhu a z marketingových informací od obchodních partnerů nebo kmenových prodejců, kteří jsou v kontaktu se zákazníkem a jsou seznámeni s jeho konkrétní potřebou. Vývoj nového výrobku probíhá na oddělení R&D (research and development, čili výzkum a vývoj). Návrh výrobku mají na starost konstruktéři v design centru, kteří nejdříve před vlastní výrobou testovacích vzorků navrhnuou kompletní podobu výrobku v počítači. Součástí výroby testovacích vzorků je i návrh a výroba lisovacího nástroje.

Důvodem pro vývoj destičky DNMG 150604E-FF bylo chybějící pokrytí v aplikační oblasti v rozsahu nízkých posuvů a malé hloubky řezu. (f: 0,06-0,2 mm a  $a_p$ : 0,3-1 mm). Jedná se tedy o velmi přesné obrábění. Tyto parametry obrábění jsou vhodné zejména pro přesné obrábění v hodinářském průmyslu a dalších odvětvích. Částečně rozšiřuje oblast utvařeče F, se kterým budeme porovnávat výsledky řezných sil.

Obrázek 4 - aplikační oblast



Při výrobě této destičky byly navrženy dva typy výroby:

**1) Přímolisovaná technologie.** Je případ, kdy v technologickém postupu není operace pro obvodové broušení hřbetu. Tato technologie vychází z předpokladu, že přesnost i jednotlivé rozměry destičky budou odpovídat výkresové dokumentaci a předepsaným rozměrům po

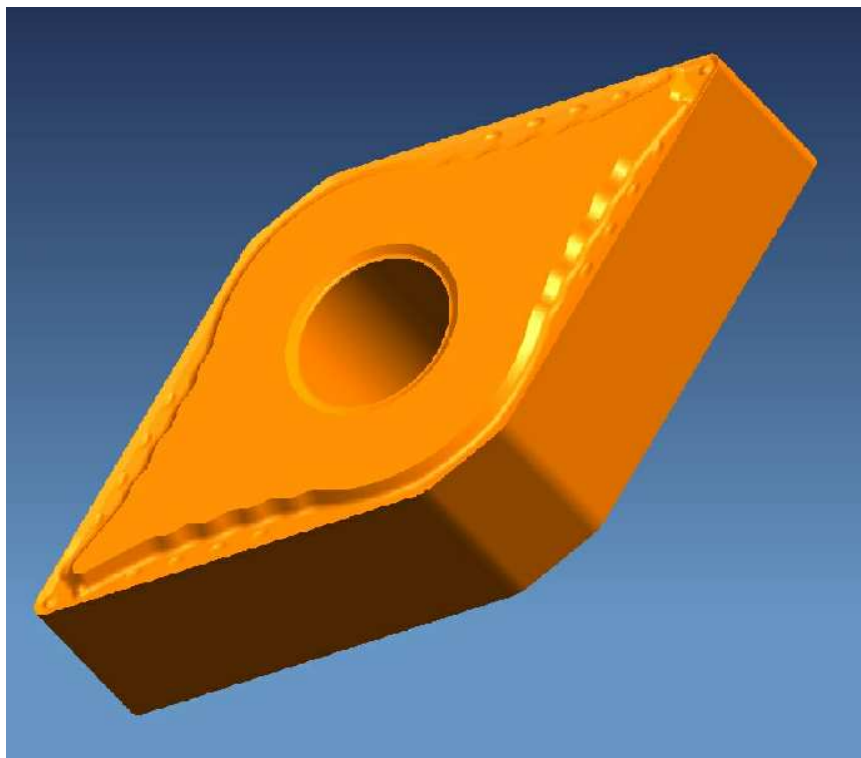
vylisování a slinutí. Následují další operace jako broušení dosedací plochy, mytí a povlakování. Hlavní výhodou neboli „přidanou hodnotou“ je absence operace pro broušení hřbetu destičky, která je ekonomicky i časově velmi náročná.

**2) Klasická broušená technologie.** Jedná se o standardní a nejpoužívanější technologii výroby destičky, kdy po vylisování, slinutí a broušení dosedacích ploch následuje operace pro broušení hřbetu destičky. Touto operací se dosahují vysoké přesnosti rozměrů finálního výrobku. Po ekonomické stránce ale zdražuje výrobu.

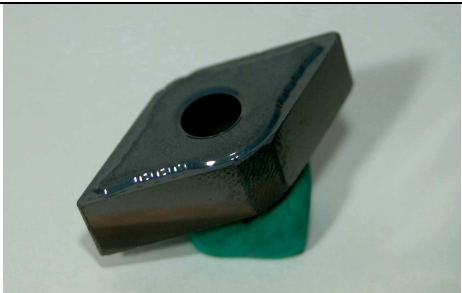
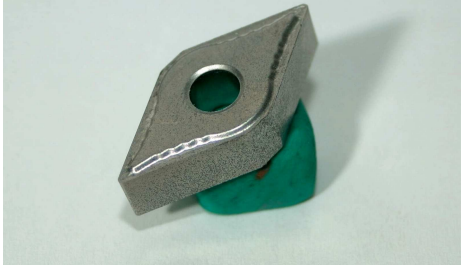
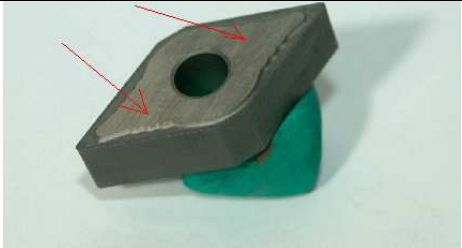
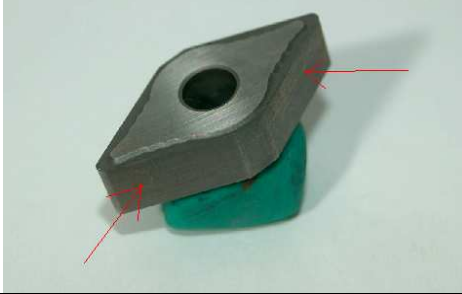

Úkolem této práce bude vyhodnotit kompletní geometrii destiček včetně kontroly souososti uchycení destičky v držáku. Provést srovnávací řeznou zkoušku a změřit řezné síly na piezoelektrickém soustružnickém dynamometru Kistler. Z naměřených výsledků určit s ohledem na kvalitativní i ekonomické parametry vhodnější technologii výroby tak, aby byla dodržena aplikační oblast obrábění pro dokončovací operace soustružení.

Tato destička je primárně navrhována pro aplikační oblast soustružení ( $a_p$ : 0,3 – 1,0 mm,  $f$ : 0,06 – 0,2 mm/ot). Jedná se tedy o operace pro finální dokončování.

**Obrázek 5 - model destičky v programu Unigraphics**



**tabulka 1 - Technologický postup výroby broušené destičky**

Č. operace	Obr.	Popis operace
Operace 1		Lisování dle předepsaných hodnot, kontrola rozměrů
Operace 2		Slinování, Kontrola rozměrů dle výkresu
Operace 3		Broušení čel
Operace 4		<b>Broušení hřbetů a rádiusů. Měřidlo: pasometr. (strojní čas: 15 min/kus)</b>
Operace 5		Zaoblení řezné hrany
Operace 6,7,8		Mytí, povlakování, značení, balení

Technologický postup přímolisované destičky je totožný, ale bez operace 4, tedy broušení hřbetů a rádius se neprovádí. Požadavkem doby je neustálé snižování nákladů na výrobu, proto i při výrobě VBD se neustále hledají nové cesty, jak tyto náklady uspořít.



Jednou z možností je i přecházet u většího rozsahu sortimentu VBD na cestu přímého lisování.

Proto bychom mohli spolehlivě rozhodnout, která z uvedených technologií bude vhodnější, je zapotřebí provést řadu měření a testů. Tyto testy se skládají nejčastěji z proměření geometrie VBD, provedení řezné zkoušky, porovnání tvorby třísky a poslední dva roky má firma Pramet Tools k dispozici digitální zařízení pro měření řezných sil.

### **3.1 Metodika pro kontrolu vystředění otvoru a měření geometrie**

Vystředěním otvoru se rozumí poloha otvoru ve vztahu ke kontaktním plochám, kontroluje se absolutní vzdálenost od otvoru ke stranám destičky jako absolutní velikost. Na výkresech je zaznamenán opačný vztah – soustřednost vepsané kružnice k vnitřní ploše otvoru. Vystředění otvoru se měří na zařízení profilprojektor, který je připojený na počítač. Destička se umístí na souřadnicový stůl profilprojektoru. Změří se otvor a všechny strany. Výpočet vzdálenosti od stran do středu otvoru je proveden pomocí počítačového programu. Další metodou měření je použití mikrometru pro měření zaoblených ploch (hrotový mikrometr). Hrot mikrometru se umístí do otvoru v destičce. Mikrometr se utahuje proti straně destičky s použitím limitované měřicí síly. Je odečten výsledek měření. Měření se opakuje na všech stranách destičky, následně se provádí výpočet odchylky mezi jednotlivými měřeními. Odchylka nesmí překročit hodnotu uvedenou na výkrese. Vystředění otvoru můžeme také změřit na zařízení se souřadnicovou sítí. Měří se střed otvoru a nulový bod prostorové osy prochází středem otvoru. Všechny strany se měří nejméně v 5. bodech. Používá se program „YTA“. Vzdálenost je vyhodnocena počítačem. Maximální povolená odchylka pro vystředění otvoru (soustřednost vepsané kružnice k vnitřní ploše otvoru) je specifikována na výkrese operace nebo na výkresu výrobku, kde je vnitřní plocha označena jako A.[7]

Další parametry VBD se měří pomocí digitálního úchylkoměru, mikrometru či profilprojektoru (úhel špičky).

### 3.2 Metodika provedení řezné zkoušky – soustružení

Podstata zkoušky spočívá v podélném soustružení zkušebního válce zkoušenými VBD a měření jejich opotřebení. Řezná zkouška se provádí na zařízeních univerzální hrotový soustruh S80i s plynulou regulací otáček a zařízení pro udržování zvolené řezné rychlosti nebo CNC soustruh HEYLIGENSTAEDT, dále se používá dílenský mikroskop CARL ZEISS-DC, přenosný tvrdoměr EQUOTIP, otáčkoměr SOLEX TA 210 a drsnoměr HOMMEL TESTER T500. Řezná zkouška se provádí na testovaných VBD. Tyto destičky jsou specifikovány identifikačním číslem. Každá destička je označena pro správnou identifikaci výsledku a aby se zabránilo záměně měřených vzorků. Jako obráběný materiál je standardně určena ocel třídy 12 050 (EN: C45E)

#### Kritéria opotřebení:

Dosažením níže uvedených hodnot opotřebení je břit VBD považován za opotřeбенý:

VB (opotřebení na hřbetu VBD) - 0,3 mm

VC (opotřebení na špičce VBD) - 0,6 mm

$K_T$  (opotřebení na čele VBD) -  $0,06 \text{ mm} + 0,3 * \text{použitý posuv (mm/ot)}$

$R_a$  (drsnost obráběného materiálu)  $R_{a_k}$  = kritická drsnost ( $\mu\text{m}$ )

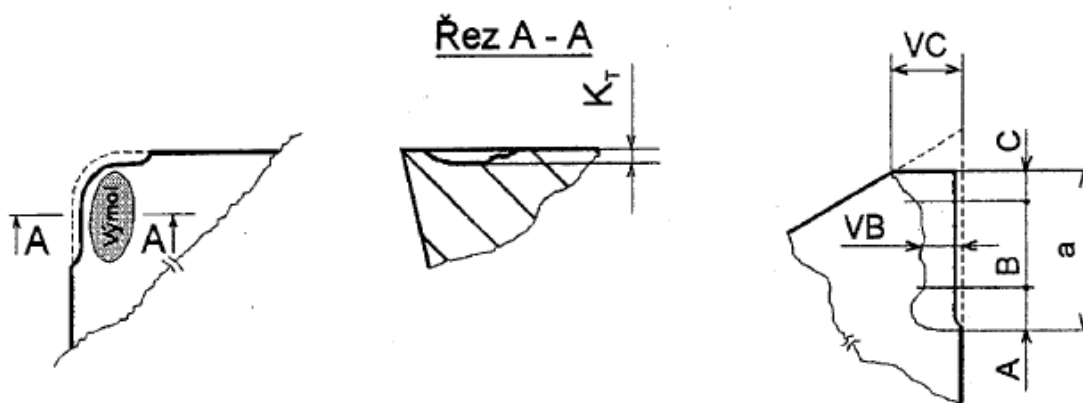
$R_{a_0}$  drsnost povrchu obrobeného ostrým nástrojem (počáteční drsnost)

Pro posuv  $f = 0,1\text{--}0,35 \text{ mm/ot}$ :  $R_{a_k} = 2 * R_{a_0}$

Pro posuv  $f = > 0,35 \text{ mm/ot}$ :  $R_{a_k} = 1,5 * R_{a_0}$

Kritérium drsnosti platí pouze pro soustružení ocelí.

Obrázek 6 - kritéria opotřebení



## Pracovní postup provedení řezné zkoušky

Jednotlivé VBD jsou označeny pořadovým číslem a u každé VBD je vybrán neporušený břit pro řeznou zkoušku. Kontrola břitu se provádí vizuálně pod lupou nebo stolním mikroskopem. Podle druhu SK a tvaru VBD jsou přiřazeny řezné podmínky zkoušky. Tvrdost obráběného materiálu je změřena na dvou místech. Naměřené hodnoty tvrdosti podle Brinella (HB) jsou uvedeny v protokole zkoušky.

Obrázek 7 - S80i - Kovosvit



## Provedení řezné zkoušky

Příslušný nožový držák se zkoušenou VBD se upne do nožové hlavy soustruhu. Na soustruhu se nastaví řezné podmínky. Řezná zkouška se provádí podélným soustružením (plynulý řez) bez chlazení. Během řezné zkoušky v časových intervalech 5-10 min. se měří opotřebení VBD (VB, VC,  $K_t$ ) a v případě soustružení oceli i drsnost obrobeného povrchu Ra. Řezná zkouška je ukončena dosažením jednoho z kritérií opotřebení.

## Hodnocení řezné zkoušky

Řeznou zkouškou je zjištěna trvanlivost břitu  $T$  (min) jednotlivých VBD. Z těchto hodnot  $T$  se vypočítá střední hodnota trvanlivosti, průměrná odchylka, rozptyl, rozpětí a řezivost.

### **Střední hodnota trvanlivosti $T$ (min)**

$$T = \frac{\sum T_i}{n} (\text{min})$$

$\sum T_i$  - součet trvanlivosti

$n$  – počet zkoušených VBD

### **Průměrná odchylka $PO$**

$$PO = \frac{1}{n} * \sum (T_i - T)$$

### **Rozptyl $R$**

$$R = \frac{PO}{T} * 100\%$$

### **Rozpětí $W$ (min)**

$$W = T_{\max} - T_{\min}$$

Při porovnávacích řezných zkouškách se výsledná hodnota trvanlivosti  $T$  porovnává s trvanlivostí kontrolního vzorku  $T_{kv}$ , což je trvanlivost ekvivalentní VBD (kontrolní vzorky k porovnání) zjištěná současně se zkoušenými VBD. V tomto případě se vypočítá rovněž řezivost.

$$K = \frac{T}{T_{kv}} * 100(\%)$$

$T_{kv}$  – trvanlivost kontrolního vzorku.

### 3.3 Metodika měření řezných sil

Řezné síly při obrábění jsou měřeny z důvodu přesného stanovení energetické náročnosti řezného procesu, stejně jako získání vstupních podmínek pro možnost dimenzování řezného nástroje, stroje a jejich jednotlivých částí (upínací prvky, vřeteno, pohony). Pro porovnání vlivu různých řezných podmínek, geometrií, materiálů a povlaků řezných nástrojů na silové zatížení nástroje a energetickou náročnost řezného procesu, je měření sil při obrábění rychlou a přesnou metodou. Při obecném obrábění lze celkovou řeznou sílu rozdělit na řeznou sílu  $F_c$ , pasivní sílu  $F_p$  a posuvovou sílu  $F_f$ , kde řezná síla  $F_c$  má z uvedených složek největší význam. Tato síla působí ve směru řezného pohybu nástroje a určuje efektivní výkon obrábění a zatížení nástroje krouticím momentem. Čím menší bude tato síla, tím méně energie bude na obrábění spotřebováno a tím menší budou také požadavky na výkonové a momentové hodnoty použitých strojů a jejich jednotlivých částí.

Pasivní síla  $F_p$  - rotačního nástroje působí tato síla ve směru rotační osy vřetene stroje a nástroje. Nástroj je namáhán na vzpěr. Síla  $F_p$  působí na vznikající povrch v axiálním směru nástroje. Ze všech tří složek bývá tato síla většinou nejmenší. Trendem výrobců nástrojů je podíl této složky zvýšit, na úkor zbylých složek, a sice pro snížení zatížení soustavy stroj-nástroj ve směru radiálním. Posuvovou složku  $F_f$  je nutné znát pro výpočet součástí posuvného mechanismu.

Pro výpočet jednotlivých složek sil pro soustružení  $F$  se používají experimentálně ověřené rovnice:

$$F_c = c_c * h^{x_c} * v^{z_c}$$

$$F_p = c_p * h^{x_p} * v^{z_p}$$

$$F_f = c_f * h^{x_f} * v^{z_f}$$

#### Podstata měření sil obrábění

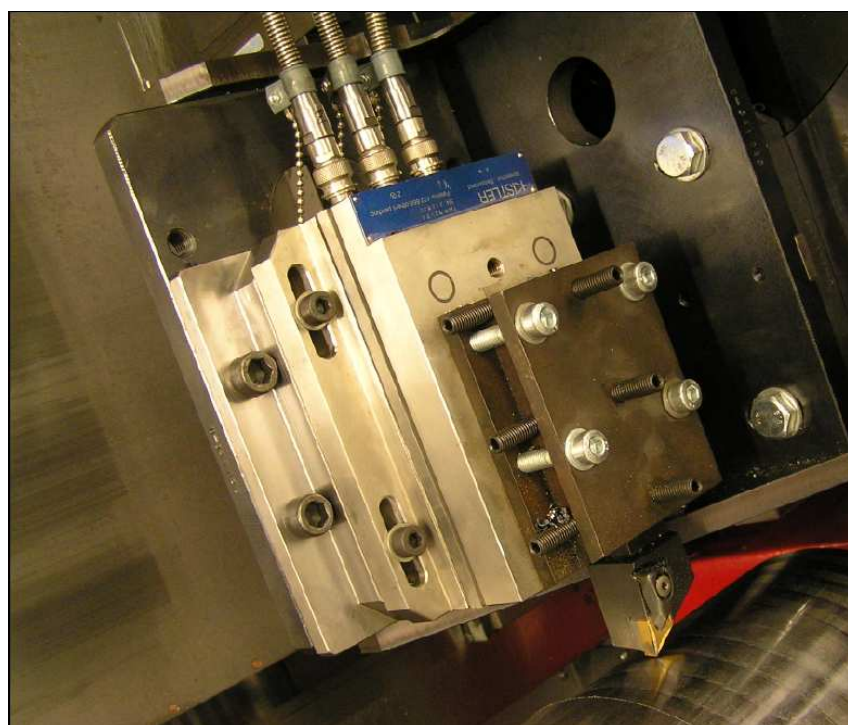
Velikost celkové síly řezání ( $F$ ) a jejích složek byla měřena piezoelektrickým soustružnickým dynamometrem Kistler. Dynamometr je vybaven čtyřmi piezoelektrickými senzory, na kterých vlivem zatížení vzniká signál, který je veden odstíněným kabelem do zesilovače a A/D převodníku. Převedený a zesílený signál je odtud veden ke zpracování do notebooku s vyhodnocovacím softwarem DynoWare, pomocí kterého jsou také naměřená data uložena. Prostřednictvím zmíněného softwaru vyhodnocujeme složky sil ve 3 osách -  $F_x$ ,  $F_y$

a FZ dle souřadného systému dynamometru. Celková síla řezání, její jednotlivé složky, příkon obrábění, krouticí moment a měrná řezná síla jsou posléze z těchto složek vypočítávány.

**Obrázek 8 - detail ovladačího panelu Kistler**



**Obrázek 9 - detail snímací hlavice**

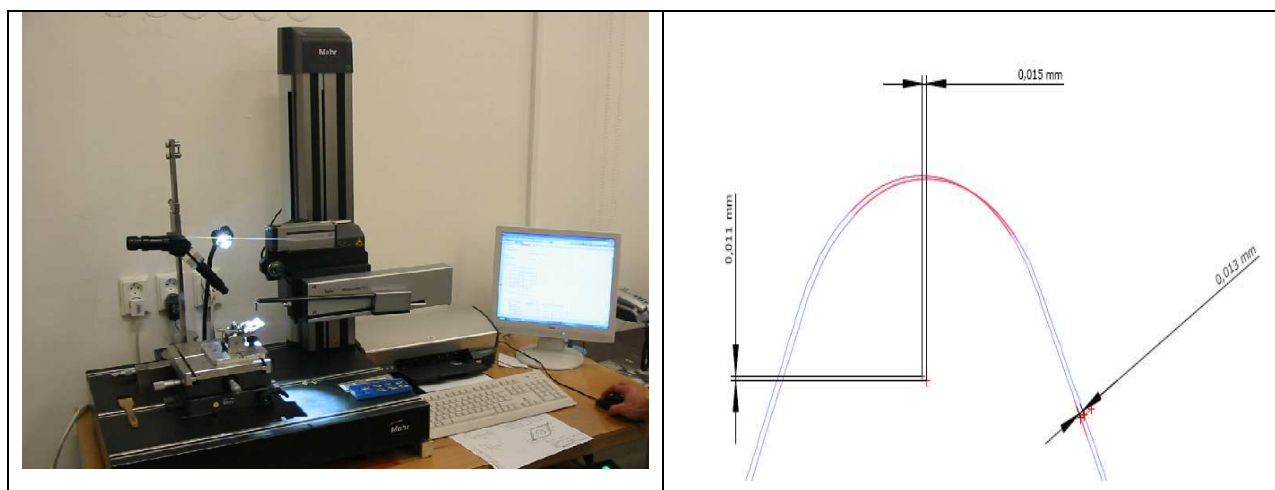


### 3.4 Metodika měření sousosti VBD v upínacím držáku

Kontrola měření sousosti VBD se provádí v upínacím držáku otočením destičky o  $180^\circ$ . Při tomto měření se porovnává sousost špičky i řezných hran. Vzhledem k nasazení této destičky na dokončovací obrábění má toto měření velký význam. Tato metodika je vypracována poprvé v rámci této diplomové práce.

Při návrhu metodiky byly navrženy dvě metody. První metoda využívala digitální optický mikroskop, jenž měl osy x a y propojeny do osobního počítače. Tato metodika byla posléze zamítnuta z důvodu malé přesnosti měření a vnášení subjektivní chyby pozorovatelem. Druhá metoda, která byla zvolena jako standard pro tento typ měření, se prováděla na zařízení Perthometer Mahr.

tabulka 2 - Perthometer Mahr



#### Postup měření

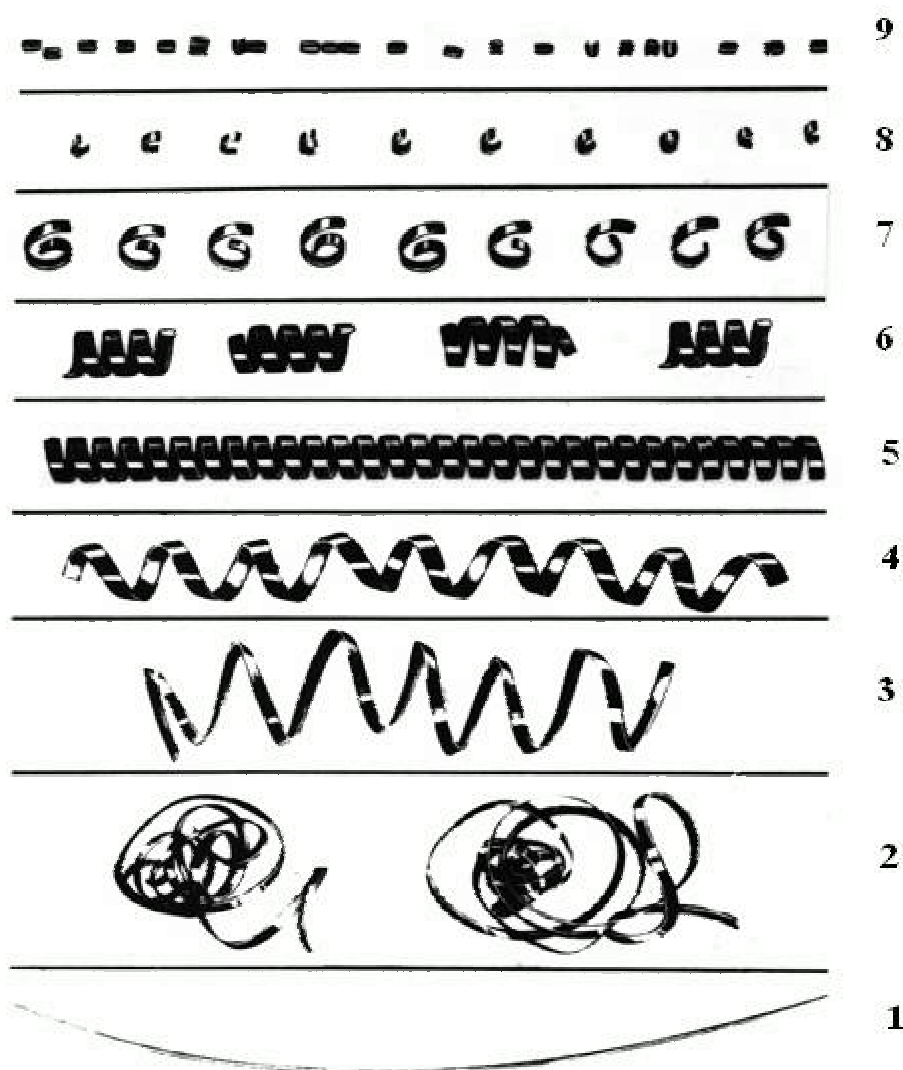
Držák VBD se upne do upínacího zařízení na pracovní ploše perthometeru, po celou dobu měření se musí zajistit jeho stabilita. Držák se musí vyrovnat tak, aby úhel hřbetu VBD byl rovnoběžně s pracovní deskou stolu. Poté se nastaví pracovní dráha měřícího hrotu pro vlastní měření. Po sejmutí první strany VBD se naměřená křivka uloží jako profil pro následné porovnání. Při druhém měření otočíme VBD v držáku o  $180^\circ$ , upneme momentovým klíčem, abychom zajistili stejnou upínací sílu. Provedeme nové měření. Následně načteme uložený profil z prvního měření a pomocí geometrických nástrojů v programu můžeme vyhodnocovat odchylky. Při porovnávání obou profilů se zaměřujeme na odchylky středů špičky od osy x a y, dále posun řezné hrany po otočení. Výhodou této metody je vysoká přesnost, opakovatelnost a vyloučení subjektivity pozorovatele.



### 3.5 Porovnání tvorby třísky

Hodnocení tvorby třísky se provádí tak, že se při obrábění postupně mění parametry hloubky řezu a posuvu a postupně se odebírají vzorky třísek, které se následně porovnávají se vzorníkem třísky. Tvar třísky hodnocen podle třídníku Pramet: skupiny 1-5 představují nevyhovující tvar třísky, 6-9 vyhovující tvar ( skupina 9 je tříska přetvářena). Dále hodnotíme způsob tvorby a odchodu třísek z pracovního prostoru obrábění.

tabulka 3 - skupiny třísek (6-9 vyhovující tvar)





**tabulka 4 - způsob tvorby a odchodu třísky**

T - tříska jde do plochy řezu (tvrdě)	P - tříska jde do plochy řezu (větší f), nejde tvrdě
M - tříska utváří o neobrobenou část materiálu	B - spirála klouže po břitu
R - spirála jde na hřbet a vrací se na břit (rozbíjí břit mimo záběr)	S - spojené řetězce třísek
N - neutváří, nelze zařadit podle třídníku Pramet	

## 4. Diskuse výsledků měření

### 4.1 Porovnání geometrie destiček

Všechny testy probíhaly vždy na větším množství vzorků (až 20 ks), ve výsledcích jsou uvedeny hodnoty 3 vzorků z obou technologií.

Při měření geometrie destiček byly naměřeny hodnoty uvedené v tabulce.

Podmínky při měření: Teplota v laboratoři byla 22 C°, relativní vlhkost byla 39%. Naměřené hodnoty byly měřeny na strojích Perthometer Mahr, Sylvac a výškoměr Mahr dle popsané metodiky měření a výkresové dokumentace.

tabulka 5 - naměřené hodnoty destiček

Měřená hodnota:	Jmenovitý rozměr	Tolerance	DNMG 150604E-FF - přímolisovaná			DNMG 150604E-FF - broušená		
			Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3
Zaoblení řezné hrany VBD v (μm):	30	±7μ	35	36	35	34	33	32
Druhá strana (otočení):			34	36	36	33	32	34
Vepsaná kružnice:	12,7	± 0,08	12,742	12,740	12,746	12,722	12,732	12,728
Výška řezné hrany:	6,35	± 0,13	6,381	6,389	6,395	6,342	6,355	6,337
Výška řezné hrany (otočení):	6,35	± 0,13	6,422	6,378	6,386	6,355	6,349	6,366
Hloubka od čela k řezné hraně:	0,3		0,273	0,260	0,294	0,272	0,268	0,294
Hloubka od čela k řezné hraně (otočení):	0,3		0,281	0,258	0,277	0,278	0,260	0,277
Rozměr m:	6,936	± 0,13	7,020	7,014	7,018	6,935	6,945	6,953
Souosost:	0,1		0,997	0,958	0,968	0,990	0,992	0,995
Vnitřní průměr:	5,16	± 0,08	5,160	5,170	5,160	5,120	5,135	5,128
Úhel špičky:	55°	± 30'	54°55'	54°55'	54°53'	54°56'	54°55'	54°58'
Rádus špičky:	0,4	± 0,1	0,41	0,40	0,41	0,42	0,41	0,41

## 4.2 Porovnání výsledků řezné zkoušky

Řezná zkouška probíhala dle popsané metodiky ve zkušebně na stroji soustruh CNC S80i/1000. Testy byly provedeny na oceli třídy 12 050.9 (EN: C45E) tvrdosti 205 HB.

Podmínky pro provedení řezné zkoušky byly nastaveny na: Řezná rychlost  $v_c$  : 200m/min, posuv  $f_{ot}$  : 0,15 mm/ot a hloubka řezu  $a_p$  : 1 mm. Obráběná plocha byla zbavena povrchové kůry a nebyl použit přerušovaný řez. Obrábění probíhalo bez chlazení procesní kapalinou.

tabulka 6 - průběh opotřebení při řezné zkoušce

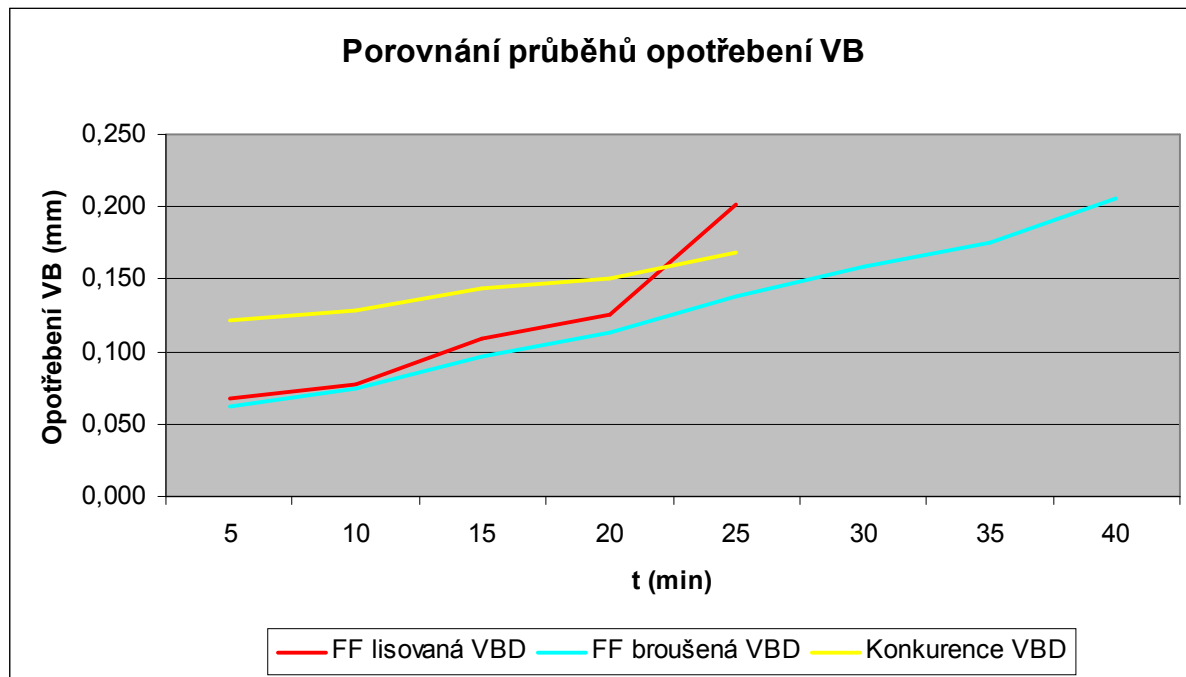
Výrobce	VBD	Utvařeč	Jakost SK	Substrát	Povlak	Vzorek	Kritérium		Časové rozvržení [min]										T [min]	Poznámka k opotřebení, špóně...atd.			
									1. čas	2. čas	3. čas	4. čas	5. čas	6. čas	7. čas	8. čas	9. čas						
									5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0						
PRAMET	DNMG150604	FF- lisovaná	8016	264	M MT	A1	VB	mm	0,068	0,078	0,109	0,126	0,201							23,0	R = 30(3) um upálena špička		
							VC1	mm	0,078	0,094	0,111	0,130											
							Ra	-	2,040	2,060	2,010	2,020	6,500										
						A3	VB	mm	0,062	0,088	0,119	0,124	0,165									21,5	R =33(3) um porušen vedlejší břit
							VC1	mm	0,088	0,112	0,131	0,141	0,265										
							Ra	-	1,960	1,840	1,640	2,110	3,110										
						B1	VB	mm	0,059	0,078	0,099	0,107	0,121	0,160							30,0	R = 31(0) um porušen vedlejší břit	
							VC1	mm	0,079	0,096	0,116	0,122	0,156	0,256									
							Ra	-	2,020	2,040	1,910	2,020	2,120	3,220									
B3	VB	mm	0,062	0,074	0,096	0,113	0,138	0,159	0,175	0,206					40,0	R = 32(4) um porušen vedlejší břit							
	VC1	mm	0,069	0,076	0,136	0,141	0,150	0,169	0,174	0,317													
	Ra	-	1,860	1,920	2,020	1,920	2,090	2,660	2,860	5,500													
Konkurence	DNMG150604	PPF - konkurence	4225			D2	VB	mm	0,118	0,130	0,149	0,156	0,165						23,0	R = 35(2) um neutváří (tvar třísky č.2)			
							VC1	mm	0,116	0,131	0,152	0,160	0,180										
							Ra	-	2,100	1,990	1,980	2,020	2,910										
						D3	VB	mm	0,122	0,128	0,143	0,150	0,169							22,0	R = 31(4) um neutváří (tvar třísky č.2)		
							VC1	mm	0,118	0,123	0,135	0,147	0,159										
							Ra	-	1,940	2,060	1,940	2,080	2,300										

tabulka 7 - shrnutí výsledků řezné zkoušky

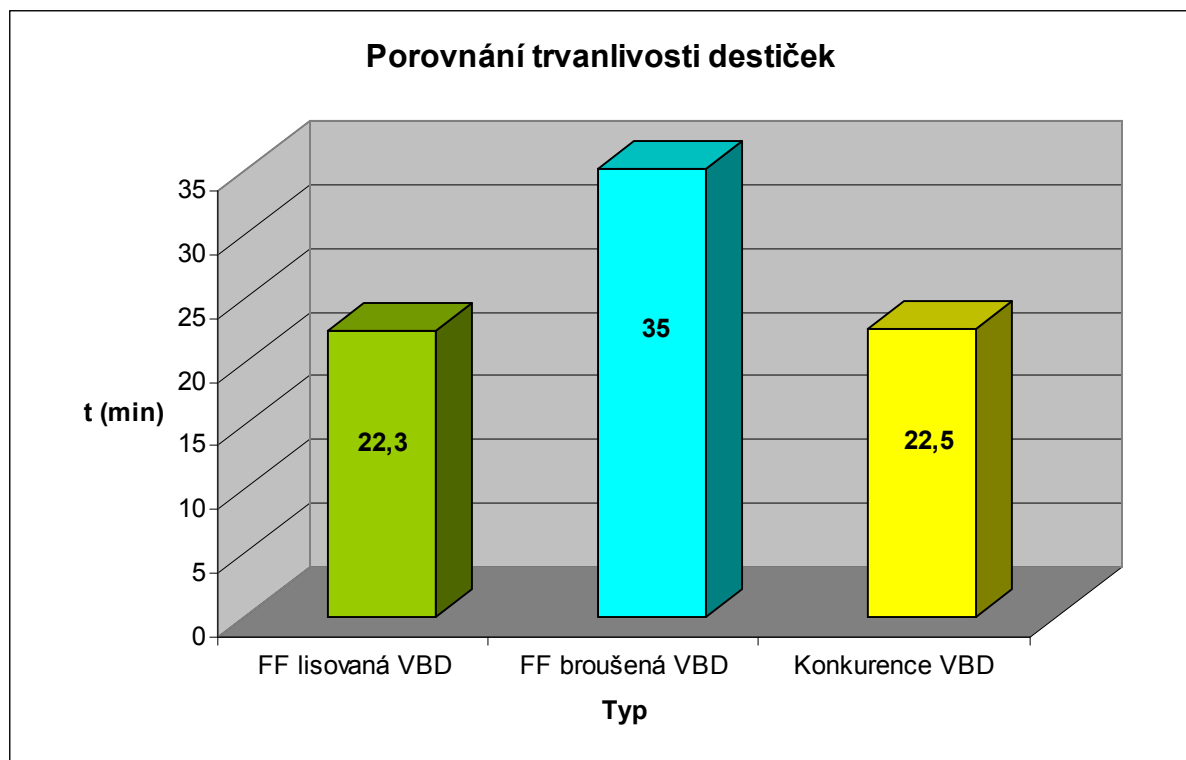
Výrobce	Označení destičky	Utvařeč	Jakost SK	Substrát	Povlak	Označení vzorku	T - Trvanlivost	Průměrná T	K - Řezivost	Rozptyl
PRAMET	DNMG150604	FF- lisovaná	8016	264	M MT	A1	23,0 min	22,3 min	100 %	3,4 %
						A3	21,5 min			
PRAMET	DNMG150604	FF- broušená	8016	264	M MT	B1	30,0 min	35,0 min	157 %	14,3 %
						B3	40,0 min			
Konkurence	DNMG150604	PF - konkurence	4225			D2	23,0 min	22,5 min	101 %	2,2 %
						D3	22,0 min			

Za daných řezných podmínek mají VBD s utvařečem FF- broušené podstatně vyšší trvanlivost (o 57%) proti VBD s utvařečem FF- přímolisované. Dříve u nich došlo k protažení výmolu až na vedlejší břit.

**Graf 1 - porovnání průběhu opotřebení VB**



**Graf 2 - porovnání trvanlivosti destiček**



### 4.3 Měření řezných sil

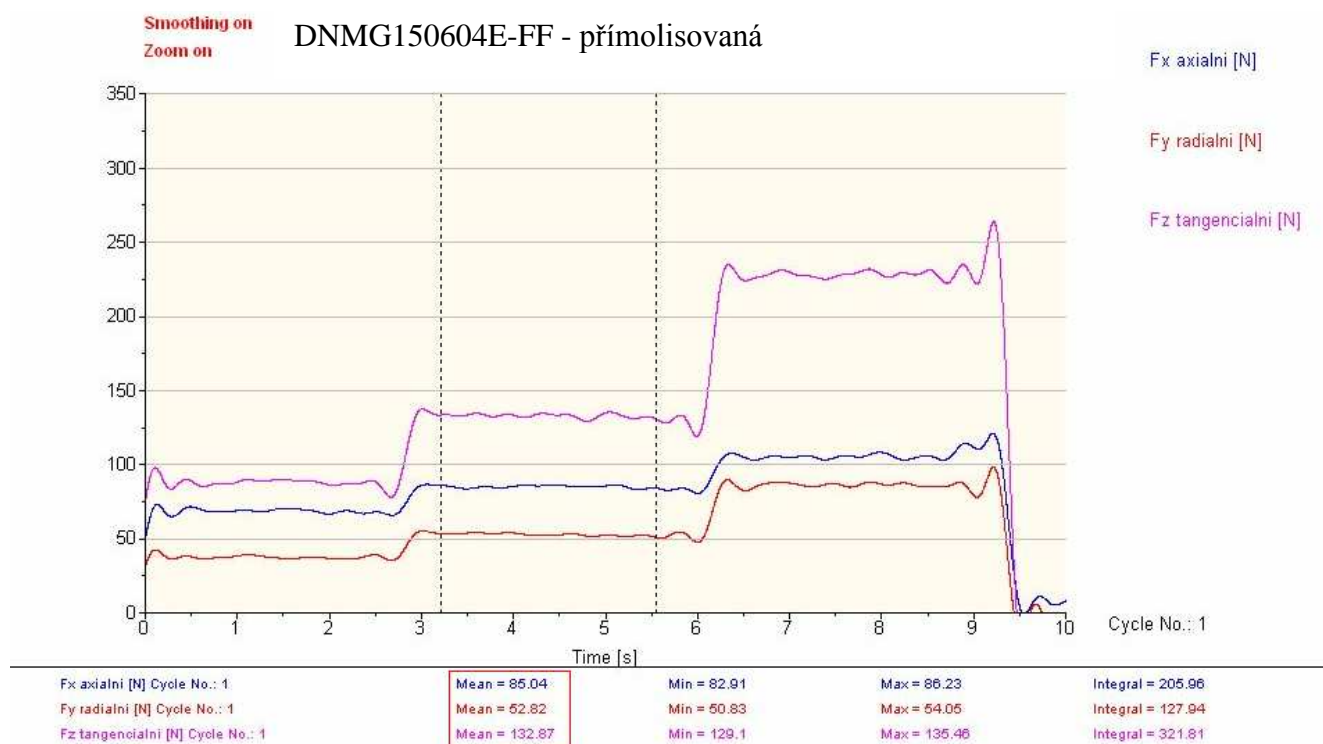
Velikost celkové síly řezání ( $F$ ) a jejích složek byla měřena piezoelektrickým soustružnickým dynamometrem Kistler. Celá metodika a způsob měření je popsán v metodice měření řezných sil.

Výsledky měření jsou uvedeny v následujících grafech. Posuv  $f_{ot}$  se v průběhu zkoušky skokově měnil na 0,06 – 0,1 – 0,2 mm/ot. Řezná rychlost  $v_c$  byla 200 m/min. Při hodnocení řezných sil se vyhodnocuje střední hodnota posuvu  $f_{ot}$  0,1 mm/ot. Hodnota  $a_p$  byla 0,5 mm.

**tabulka 8 - shrnutí výsledků měření řezných sil**

Složka síly pro $f_{ot} = 0,1$ mm/ot	Přímolisovaná VBD	Broušená VBD
$F_x$ axiální	85,04 N	95,37 N
$F_y$ radiální	52,82 N	69,08 N
$F_z$ tangenciální	132,87 N	133,87 N
Celková řezná síla $F_c$	157,75 N	164,36 N

**Graf 3 - měření řezných sil – přímolisovaná destička**



**Graf 4 - výsledek měření řezých sil - broušená destička**



#### 4.4 Vyhodnocení měření sousosti VBD v upínacím držáku

Při měření byl použit držák PDNNL 3225 P15, teplota v laboratoři 22°C, relativní vlhkost vzduchu 35%. Dle popsané metodiky jsou naměřené hodnoty uvedené v tabulce.

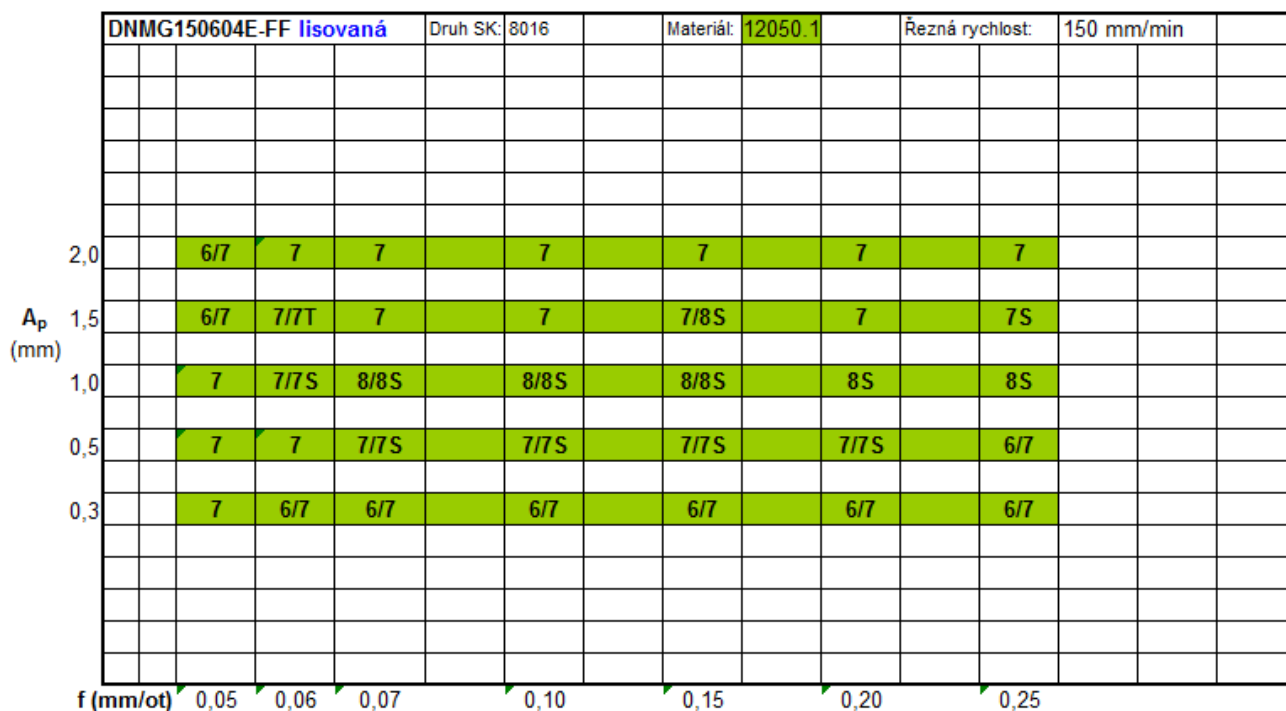
**tabulka 9 - naměřené hodnoty při otočení VBD v držáku o 180°**

Typ:	DNMG 150604E-FF - přímolisovaná			DNMG 150604E-FF- broušená		
Číslo vzorku:	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3
odchylky středů špičky od osy x (mm):	0,015	0,011	0,017	0,017	0,021	0,004
odchylky středů špičky od osy y (mm):	0,011	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
dále posun řezné hrany po otočení (mm):	0,013	0,011	0,013	0,017	0,023	0,007

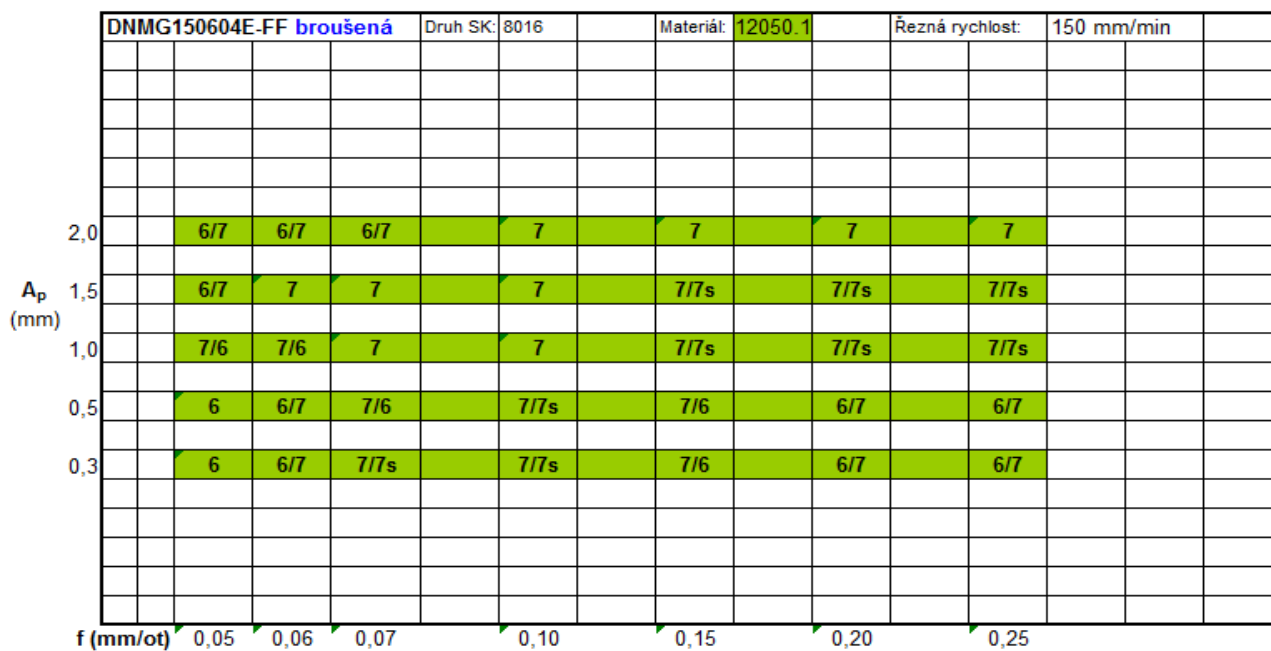
Dle výsledku měření můžeme konstatovat, že odchylky měření jsou u obou technologií srovnatelné. Nelze identifikovat výrazný rozptyl.

## 4.5 Vyhodnocení diagramu třísek

**tabulka 10 - tvorba třísky přímolisované destičky**



**tabulka 11 - tvorba třísky broušené destičky**



## 5. Technicko - ekonomické zhodnocení

Pro určení vhodné technologie výroby VBD bylo nutné provést porovnání geometrie VBD, provést řezné zkoušky, určit řezné síly, měření VBD při otočení v držáku, provést srovnávací diagram třísek a potvrdit, že obě VBD odpovídají výkresové dokumentaci a požadavkům dle zadání viz. aplikační oblast. Tyto výsledky vyhodnotit a určit vhodnější technologii výroby jako standard.

### 5.1 Geometrie VBD

Dle tabulky naměřených hodnot můžeme konstatovat, že pomocí obou technologií jsou vyrobeny VBD v požadovaných tolerancích.

tabulka 12 - geometrie VBD

Měřená hodnota:	Jmenovitý rozměr	Tolerance	DNMG 150604E-FF - přímolisovaná			DNMG 150604E-FF - broušená		
			Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3
Zaoblení řezné hrany VBD v (μm):	30	±7μ	35	36	35	34	33	32
Druhá strana (otočení):			34	36	36	33	32	34
Vepsaná kružnice:	12,7	± 0,08	12,742	12,740	12,746	12,722	12,732	12,728
Výška řezné hrany:	6,35	± 0,13	6,381	6,389	6,395	6,342	6,355	6,337
Výška řezné hrany (otočení):	6,35	± 0,13	6,422	6,378	6,386	6,355	6,349	6,366
Hloubka od čela k řezné hraně:	0,3		0,273	0,260	0,294	0,272	0,268	0,294
Hloubka od čela k řezné hraně (otočení):	0,3		0,281	0,258	0,277	0,278	0,260	0,277
Rozměr m:	6,936	± 0,13	7,020	7,014	7,018	6,935	6,945	6,953
Souosost:	0,1		0,997	0,958	0,968	0,990	0,992	0,995
Vnitřní průměr:	5,16	± 0,08	5,160	5,170	5,160	5,120	5,135	5,128
Úhel špičky:	55°	± 30'	54°55'	54°55'	54°53'	54°56'	54°55'	54°58'
Rádus špičky:	0,4	± 0,1	0,41	0,40	0,41	0,42	0,41	0,41

Všechny rozměry proměřovaných vzorků byly v toleranci dle výkresové dokumentace. Při dokončovacích operacích je velmi důležitá souosost špiček VBD s otvorem pro uchycení do držáku a rozměr „m“. Pokud by při otáčení VBD v držáku vykazovaly tyto rozměry velký rozptyl, obrobený povrch by vlivem měnící se hloubky řezu nebyl kompaktní a stejný.



## 5.2 Řezná zkouška

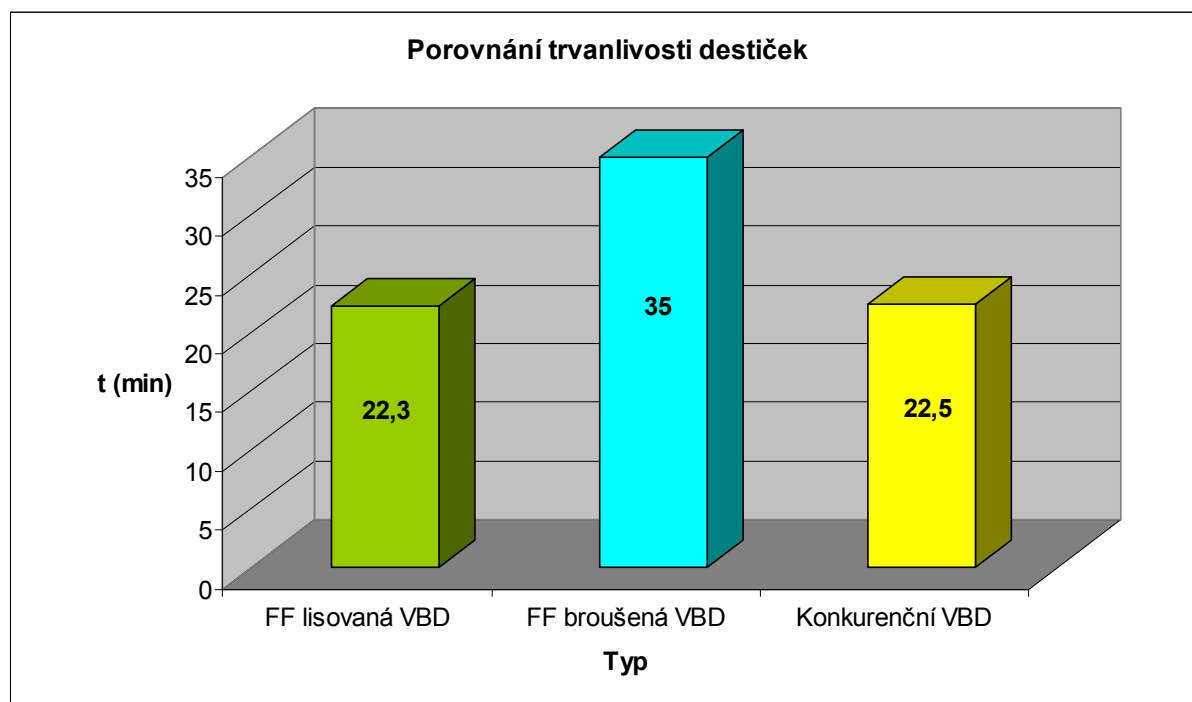
Řezná zkouška probíhala na CNC soustruhu S80i, parametry stroje jsou uvedeny v tabulce. Jedná se o výkonné soustružnické centrum určené pro přesné obrábění součástí z tyčí, obrábění přírub a hřídelů. Je vybaven 12-ti polohovou elektricky ovládanou hlavou, přestavitelným koníkem, regulačními pohony vřetene i posuvů. Je vybaven řídicím systémem SIEMENS.

tabulka 13 - parametry obráběcího stroje

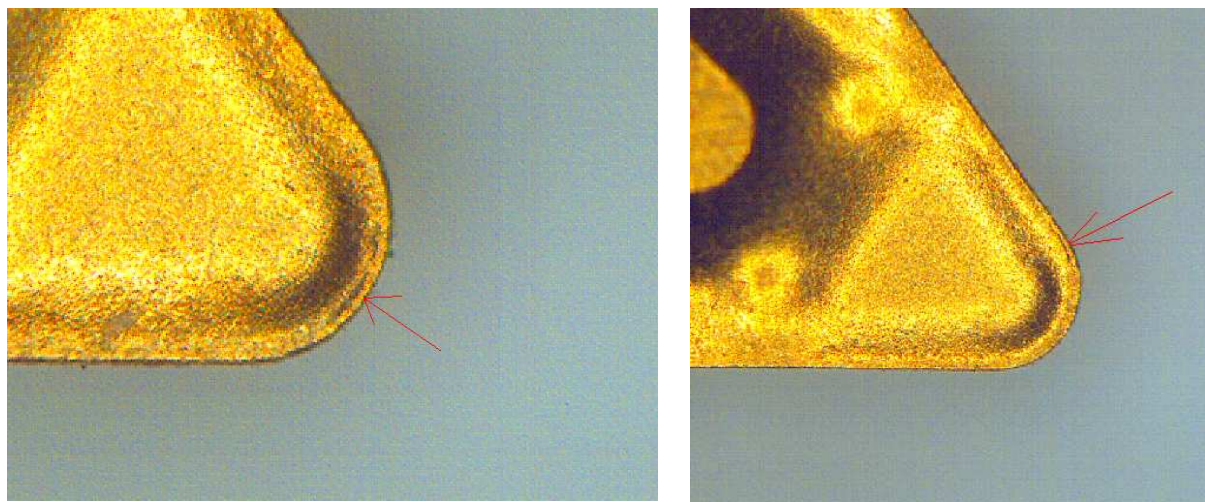
	<b>S 80i</b>		
<b>Pracovní rozsah</b>			
Max. průměr soustružení	465		mm
Max. průměr tyčového mat.	80		mm
Max. délka obráběného hřídele	1080		mm
Max. oběžný průměr	680		mm
<b>Vřeteno</b>			
Přední konec vřetena DIN 55026	A8		
Rozsah otáček	20-3800		ot/min
Výkon motoru / 60%ED (Siemens)	22,5		kW
<b>Suport</b>			
Pojezd v ose Z	1105		mm
Pojezd v ose X	275		mm
<b>Horní nástrojová hlava</b>			
Počet poloh	12		
<b>Rozměry stroje</b>			
Délka x šířka x výška	3330 x 2070 x 2210		mm
Hmotnost	8000		kg

Z výsledků řezné zkoušky je patrné, že vzorek broušené destičky vykazoval výrazně vyšší trvanlivost než přímolisovaná destička (cca o 57%). Po důkladné analýze tohoto velkého rozdílu bylo zjištěno, že při výrobě VBD zůstávají na přímolisované destičce přelisky ve špičce na řezné hraně. Tento přelisek vzniká při 1. operaci lisování. Je to nežádoucí prvek, který výrazným způsobem zkracuje životnost destičky. U broušené destičky je případný přelisek odbroušen.

**Graf 5 - výsledky řezné zkoušky**



**Obrázek 10 - přelisek na přímolisované destičce**



### **5.3 Porovnání řezných sil**

Měření řezných sil se provádělo na piezoelektrickém soustružnickém dynamometru Kistler. Výstupem tohoto měření je porovnání velikosti těchto sil.

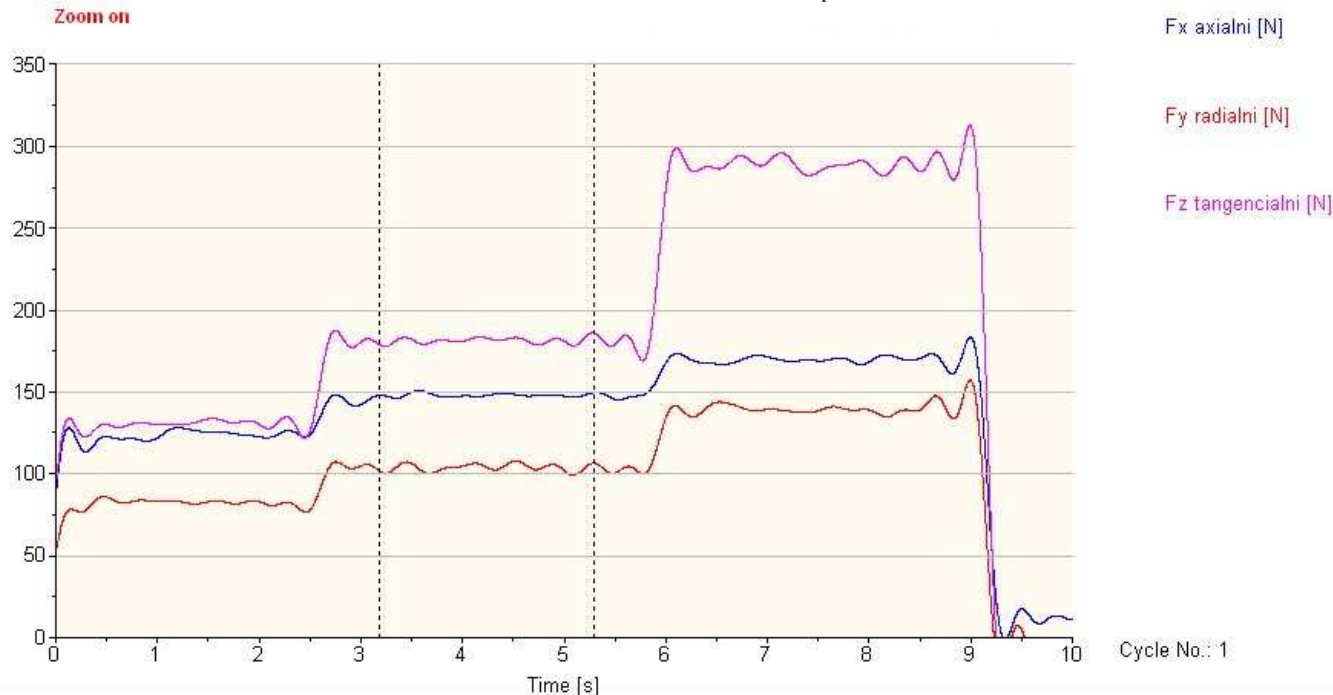
tabulka 14 - porovnání řezných sil

Složka síly pro $f_{ot} = 0,1$ mm/ot	Přímolisovaná VBD	Broušená VBD	Starší utvářec F
Fx axiální	85,04 N	95,37 N	147,81 N
Fy radiální	52,82 N	69,08 N	103,66 N
Fz tangenciální	132,87 N	133,87 N	181,13 N
Celková řezná síla $F_c$	157,75 N	164,36 N	233,78 N

Z výsledné tabulky můžeme usoudit, že obě technologie, jak přímolisovaná tak broušená destička, nemají významný vliv na rozdíl velikosti řezných sil. Řezné síly jsou přibližně stejně velké. Porovnáme-li utvařec FF se starší verzí utvařec F, vidíme, že řezná síla  $F_c$  u utvařec FF je o 48% menší. Z toho plyne energeticky méně náročný proces řezání, menší opotřebení nástroje a vyšší životnost VBD.

Smoothing on  
Zoom on

DNMG150604E-F  $f$ : 0,06 - 0,2 mm/ot;  $a_p$ : 0,5 mm



Fx axiální [N] Cycle No.: 1	Mean = 147.81	Min = 145.98	Max = 150.71	Integral = 310.4
Fy radiální [N] Cycle No.: 1	Mean = 103.66	Min = 99.17	Max = 107.63	Integral = 217.68
Fz tangenciální [N] Cycle No.: 1	Mean = 181.13	Min = 177.66	Max = 185.93	Integral = 380.38

## **5.4 Porovnání tvorby třísky**

U obou technologií byla dosažena požadovaná hodnota z tabulky skupin tvaru třísky.

## **5.5 Ekonomické zhodnocení**

Hlavním důvodem pro zavádění jednodušší technologie přímého lisování jsou finanční úspory. Náklady na operaci broušení hřbetů jsou u broušené destičky 15,- Kč/kus. Po marketingovém průzkumu je plánovaná roční produkce 15 000 VBD ročně. V případě, že by byla zvolena jako standard technologie přímého lisování, mohli bychom vyčíslit plánovanou úsporu finančních nákladů na 225 000,- Kč. Po negativním výsledku řezné zkoušky v tomto případě musíme tuto technologii vyloučit ze standardu. Na základě výsledku řezné zkoušky bude následovat detailní rozbor vstupujících komponent do procesu lisování přímolisované destičky, který bude mít za cíl odstranit kořenovou příčinu vzniku přelisku. Jako standard byla zvolena technologie broušení VBD.

## 6. Závěr

Vyměnitelné břitové destičky vyrobené ze slinutých karbidů si ještě dlouhou dobu udrží svou pozici na trhu, přestože jsou vyvíjeny stále nové, například keramické a fermežové, aplikace. V současné době, kdy téměř na celý svět působí negativním vlivem finanční potažmo hospodářská krize a strojírenské podniky zaznamenávají 30-50 % úbytek zakázek, je kladen ještě větší důraz na konkurenceschopnost výrobků. Na trhu mají šanci obstát jen ty firmy, které nabízejí své produkty stylem filozofie: kvalitně, včas a za přiměřenou cenu.

Cílem této diplomové práce bylo porovnat technologii přímého lisování a technologii s použitím obvodového broušení při vývoji VBD DNMG 150604E-FF, která je primárně určená pro malé posuvy a malé hloubky řezu, tyto se uplatňují u dokončovacích operací. Pro správné vyhodnocení bylo zapotřebí vyhodnotit základní testy, které se provádějí při posuzování kvality VBD. V této práci byly popsány a vyhodnoceny výsledky měření řezné síly, geometrie, řezné zkoušky, souosost VBD v držáku a porovnání tvorby třísek.

Při vyhodnocení výsledku testů se ukázalo, že VBD vyrobená technologií přímého lisování měla při řezné zkoušce o 57% menší trvanlivost než broušená VBD. Po detailním rozboru velkého rozdílu trvanlivostí obou VBD se ukázala technologie přímého lisování jako nevyhovující, z důvodu existence přelisku na řezné hraně. Proto byla zvolena jako standard dražší, ale kvalitativně lepší technologie broušení.

## Seznam použité literatury

- [1] HUMÁR, Anton. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno: CCB Brno, 1995, 265s. ISBN: 80-85825-10-4
- [2] SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění*. 1. české vydání. ISBN: 91-97-2299-4-6
- [3] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II, 1. díl – Fyzikálně mechanické zákonitosti procesu obrábění*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1999, ISBN: 80-7078-962-X
- [4] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II, 2. díl*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001, ISBN: 80-7078-944-1
- [5] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I 1. díl*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001, ISBN: 80-7078-811-9
- [6] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I, 2. díl*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002, ISBN: 80-248-0033-0
- [7] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie část 1*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006, ISBN 80-248-0671-1
- [8] ŠTOPL, Ondřej. *Bakalářská práce – Vliv přesnosti lisovacího nástroje na vlastnosti vyměnitelné břitové destičky*. Ostrava 2007.
- [9] INTERNET, webové stránky firmy Pramet Tools s.r.o. [www.pramet.com](http://www.pramet.com)
- [10] Katalog Pramet Tools s.ro. – Turning 2008 cz – soubor ve formátu pdf

## Seznam obrázků a tabulek

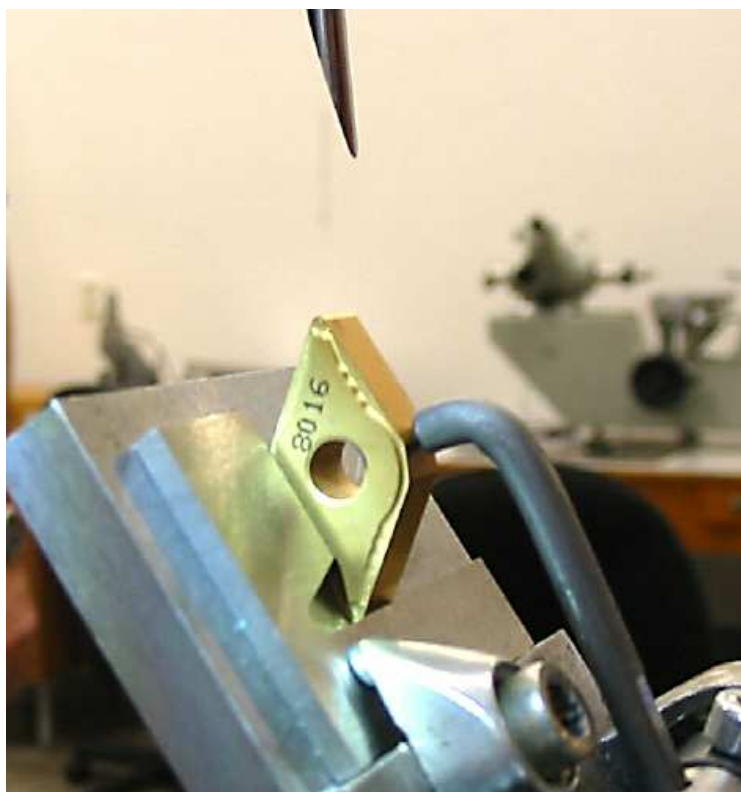
Obrázek 1 - způsob použití VBD - soustružení.....	10
Obrázek 2 - slinovací prec Pramet Tools .....	14
Obrázek 3 - volba utvařeče.....	20
Obrázek 4 - aplikační oblast.....	22
Obrázek 5 - model destičky v programu Unigraphics.....	23
Obrázek 6 - kritéria opotřebení .....	26
Obrázek 7 - S80i - Kovosvit.....	27
Obrázek 8 - detail ovladačeho panelu Kistler .....	30
Obrázek 9 - detail snímací hlavice .....	30
Obrázek 10 - přelisek na přímolisované destičce.....	42
Obrázek 11 – měření rozměrů VBD .....	48
Obrázek 12 – měření rozměrů VBD .....	48
Obrázek 13 - měření rozměrů VBD .....	49
Obrázek 14 - CNC soustruh S80i - Kovosvit.....	49
Obrázek 15 - měření řezných sil - Kistler .....	50
Obrázek 16 - detail piezoelektrických senzorů .....	50
Obrázek 17 - detail utvařeče FF .....	51
Obrázek 18 - detail utvařeče FF po ukončení řezné zkoušky .....	51
tabulka 1 - Technologický postup výroby broušené destičky .....	24
tabulka 2 - Perthometer Mahr.....	31
tabulka 3 - skupiny třísek (6-9 vyhovující tvar).....	32
tabulka 4 - způsob tvorby a odchodu třísky .....	33
tabulka 5 - naměřené hodnoty destiček .....	34
tabulka 6 - průběh opotřebení při řezné zkoušce.....	35
tabulka 7 - shrnutí výsledků řezné zkoušky .....	35
tabulka 8 - shrnutí výsledků měření řezných sil.....	37
tabulka 9 - naměřené hodnoty při otočení VBD v držáku o 180° .....	38
tabulka 10 - tvorba třísky přímolisované destičky .....	39
tabulka 11 - tvorba třísky broušené destičky.....	39
tabulka 12 - geometrie VBD .....	40
tabulka 13 - parametry obráběcího stroje .....	41
tabulka 14 - porovnání řezných sil .....	43
Graf 1 - porovnání průběhu opotřebení VB .....	36
Graf 2 - porovnání trvanlivosti destiček.....	36
Graf 3 - měření řezných sil – přímolisovaná destička.....	37
Graf 4 - výsledek měření řezných sil - broušená destička.....	38
Graf 5 - výsledky řezné zkoušky .....	42

## Přílohy:

Obrázek 11 – měření rozměrů VBD



Obrázek 12 – měření rozměrů VBD





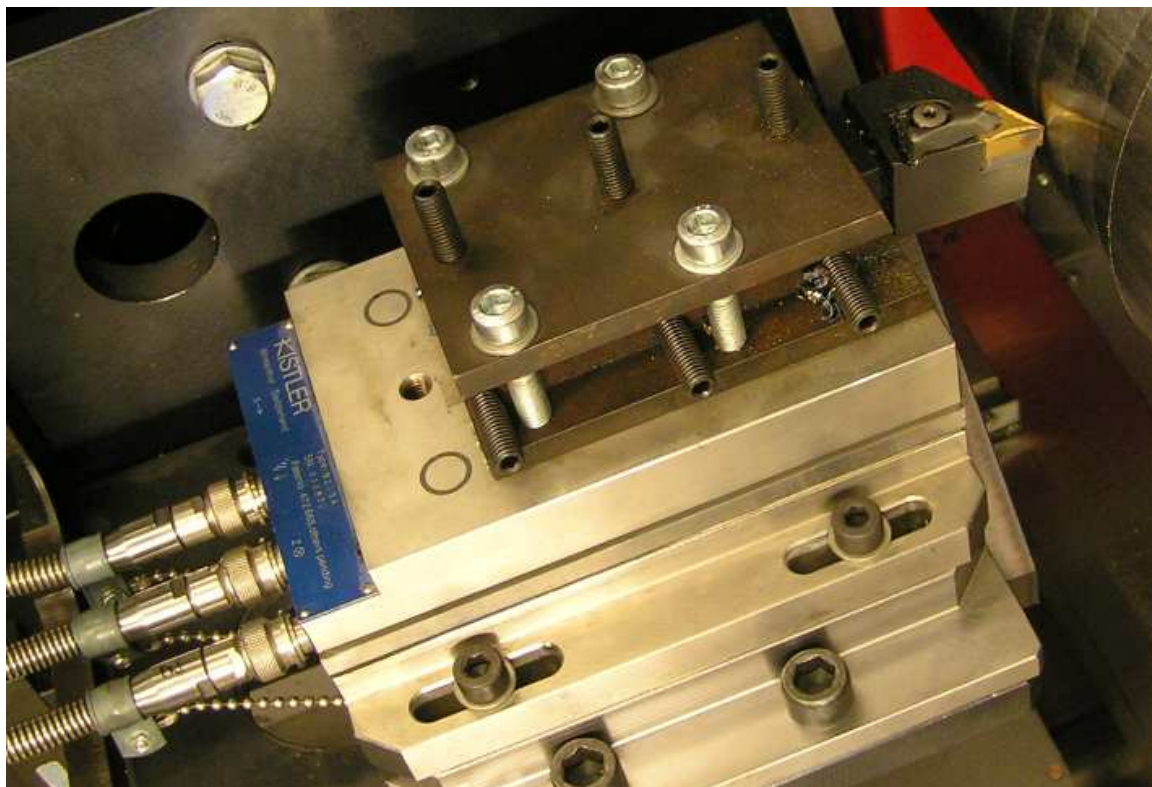
Obrázek 13 - měření rozměrů VBD



Obrázek 14 - CNC soustruh S80i - Kovosvit



Obrázek 15 - měření řezných sil - Kistler

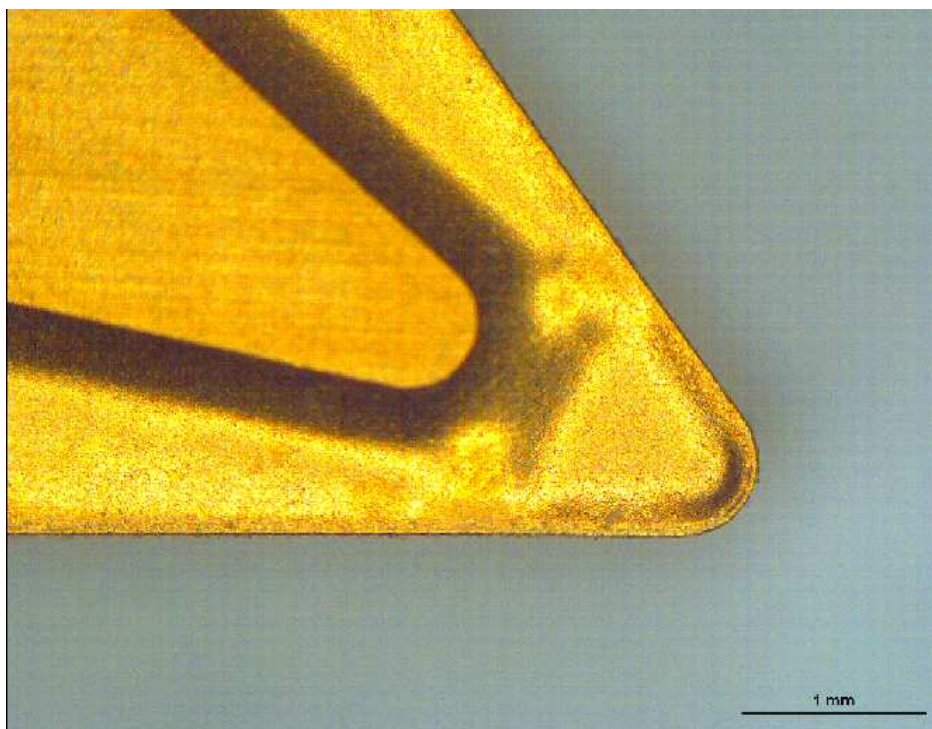


Obrázek 16 - detail piezoelektrických senzorů





**Obrázek 17 - detail utvařeče FF**



**Obrázek 18 - detail utvařeče FF po ukončení řezné zkoušky**

